

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Tècn. Ind. Electrònica Ind. Pla 2002

**Títol:** Automatització d'una màquina per la fabricació de tubs.

**Document:** 1.Memòria

**Alumne:** Xavier Aguilar Ponsa

**Director/Tutor:** Albert Figueras  
**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica  
**Àrea:** ESA

**Convocatòria** (mes/any): Gener/2014

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INTRODUCCIÓ .....   | 4  |
| 1.1   | Antecedents:.....   | 4  |
| 1.2   | Objecte: .....  | 4  |
| 1.3   | Especificacions abast: .....  | 5  |
| 2     | DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS.....  | 6  |
| 2.1   | Etaques de la màquina: .....  | 6  |
| 2.2   | Circuit hidràulic pels capçals:.....                                  | 12 |
| 3     | QUADRE ELÈCTRIC.....  | 14 |
| 3.1   | Prescripcions constructives pel quadre elèctric:.....                 | 14 |
| 3.2   | Components utilitzats: .....  | 16 |
| 3.2.1 | Elements de protecció: .....  | 16 |
| 3.2.2 | Interruptor principal:.....   | 16 |
| 3.2.3 | Proteccions pels convertidors de freqüència:.....                     | 17 |
| 3.2.4 | Proteccions per arrencades estrella triangle i inversió de gir: ..... | 18 |
| 3.2.5 | Proteccions per les línies de serveis: .....                          | 18 |
| 3.2.6 | Proteccions pel PLC: .....  | 19 |
| 3.3   | Elements pre-activadors: .....  | 20 |
| 3.3.1 | Contactors de potència:.....  | 20 |
| 3.3.2 | Convertidors de freqüència:.....                                      | 21 |
| 3.4   | Elements auxiliars:.....  | 26 |
| 3.4.1 | Temporitzadors:.....  | 26 |
| 3.4.2 | Contactors auxiliars: .....   | 27 |
| 3.5   | Elements de serveis: .....  | 27 |
| 3.5.1 | Transformadors: .....   | 27 |
| 3.5.2 | Alimentadors:.....  | 29 |
| 3.5.3 | Ventiladors: .....  | 30 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.5.4 | Altres serveis: .....   | 30 |
| 3.6   | Elements del PLC i comandament.....                             | 31 |
| 3.6.1 | Mòdul CPU: .....  | 31 |
| 3.6.2 | Mòdul de comunicació ethernet: .....                            | 33 |
| 3.6.3 | Mòdul d'entrades digitals: .....                                | 33 |
| 3.6.4 | Mòduls de sortides digitals:.....                               | 33 |
| 3.6.5 | Mòdul d'entrades analògiques: .....                             | 34 |
| 3.6.6 | Mòdul de sortides analògiques: .....                            | 34 |
| 3.7   | Rack de PLC: .....  | 34 |
| 3.8   | Llistat de components a l'interior del quadre elèctric.....     | 35 |
| 3.9   | Elements utilitzats a peu de màquina:.....                      | 42 |
| 3.9.1 | Sensors utilitzats: .....                                       | 42 |
| 3.9.2 | Motors utilitzats:.....   | 44 |
| 3.9.3 | Estació làser:.....   | 46 |
| 4     | AUTOMATITZACIÓ .....  | 48 |
| 4.1   | Justificació de l'automatització.....                           | 48 |
| 4.1.1 | Energies .....  | 48 |
| 4.1.2 | Matèries primeres i consumibles:.....                           | 48 |
| 4.1.3 | Mà d'obra. ....   | 49 |
| 4.1.4 | Ajustatge .....   | 49 |
| 4.1.5 | Producció .....   | 50 |
| 4.1.6 | Innovació .....   | 50 |
| 4.1.7 | Qualitat .....  | 50 |
| 4.2   | Funcionament:.....  | 50 |
| 4.2.1 | Lògica de funcionament dels convertidors de freqüència:.....    | 51 |
| 4.2.2 | Lògica de funcionament de les arrencades estrella triangle..... | 53 |
| 4.2.3 | Lògica de funcionament de d'inversió de gir. ....               | 55 |
| 4.3   | Programació .....   | 57 |
| 4.3.1 | Portal TIA de Siemens:.....                                     | 58 |

|       |                                      |    |
|-------|--------------------------------------|----|
| 4.3.2 | Diagrama GEMA .....                  | 59 |
| 4.3.3 | Xarxa de comunicació: .....          | 61 |
| 4.3.4 | Llistat d'entrades i sortides: ..... | 63 |
| 4.3.5 | Blocs de funcions: .....             | 66 |
| 4.4   | Aplicació SCADA: .....               | 68 |
| 4.4.1 | Panell HMI: .....                    | 69 |
| 4.4.2 | Imatges de l'aplicació SCADA: .....  | 70 |
| 5     | RESUM DEL PRESSUPOST .....           | 77 |
| 6     | CONCLUSIONS .....                    | 78 |
| 7     | RELACIÓ DE DOCUMENTS .....           | 79 |
| 8     | BIBLIOGRAFIA.....                    | 80 |
| 9     | GLOSARI.....                         | 81 |

## 1 INTRODUCCIÓ

Es vol dur a terme la realització l'automatització d'una màquina de producció de tubs d'acer inoxidable en mode continu, aquesta màquina pren com a matèria prima una cinta d'acer inoxidable que a través d'uns capçals rotatoris i amb una pressió hidràulica definida per l'usuari, plega la cinta d'acer per conferir-li una forma circular per la formació del tub d'acer amb el calibre desitjat. La màquina practica una soldadura que uneix ambdós cantons de la cinta ja plegada per obtenir el tub, la soldadura és del tipus làser. Un cop s'ha obtingut el tub, la mateixa màquina practica el tall per obtenir la longitud desitjada per l'usuari, a més la màquina realitza un polit extern i intern per eliminar la rebava i les imperfeccions per obtenir un acabat de qualitat.

Tot el procés és controlat per un PLC que comunica amb un panell tàctic HMI per comunicació tipus PROFIBUS, que a través d'una aplicació SCADA permet a l'usuari visualitzar i controlar el procés de fabricació, així com imposar els valors com el calibre o longitud del tub desitjats. El PLC i tota la instrumentació electrònica son allotjats dins d'un quadre elèctric de comandament desde on parteixen tot el cablejat i connexions als diferents elements actuadors i de control com ara motors i detectors entre altres.

### 1.1 Antecedents:

La màquina en qüestió s'aprofita d'una de les tècniques de fabricació de tubs ja existent que consisteix en plegar una cinta d'acer sobre si mateixa creant una forma circular i després soldant els extrems per crear així el tub, fins ara aquesta tècnica era dividida en varies accions, primer es plegava la cinta per formar el tub de forma mecànica i després un operari practicava la soldadura per obtenir el tub, llavors es tallava el tub i es procedia al polit. En aquesta nova aplicació es vol portar a terme tot aquest procés amb una sola estació de treball.

Inicialment disposem d'una bancada on ja es procedia a la fabricació del tub com s'ha esmentat anteriorment, aquesta bancada munta els capçals associats a uns pistons que gràcies a una pressió aplicada per un sistema hidràulic plega la cinta d'acer inoxidable per conferir-li així la forma de tub.

### 1.2 Objecte:

Es vol automatitzar tot el procés que fins ara es completava en diferents estacions de treball, i agrupar-lo en una única estació de treball, dotant al sistema ja existent dels elements necessaris per a aquest propòsit. Així dons es pretén automatitzar tota la part ja existent, dotant als capçals de moviment mecànic a través de motors elèctrics que seran

accionats per convertidors de freqüència que al seu temps seran comandats per el PLC a través d'una xarxa de comunicació PROFIBUS. També caldrà afegir una estació de soldadura mitjançant làser que unirà ambdós costats de la cinta d'acer ja plegada, una etapa de tall mitjançant un serra de disc que tallarà el tub per obtenir la longitud definida per l'usuari, a més d'una etapa de polit extern per eliminar les imperfeccions i una altra de polit intern, que gràcies a una llança, eliminarà la rebava i les imperfeccions internes del tub.

Tot el procés és controlat per un PLC que accionarà tots els elements necessaris per el control de l'automatització. Tots els elements, excepte els elements externs mecànics com ara els motors i els detectors utilitzats per la lectura del procés aniran muntats dins d'un quadre elèctric de varis compartiments on també s'allotjarà el PLC i tota la distribució elèctrica. Així dons tot el connexionat de la màquina es farà a través de blocs de terminals estratègicament localitzats a la part inferior del quadre elèctric per facilitar el connexionat, i eventualment també la manutenció.

El procés és monitoritzat per l'usuari a través d'un sistema SCADA que mostra les lectures del procés, i permeta a l'usuari inserir els paràmetres d'ajustament necessaris per la obtenció del producte final desitjat. També li permetrà obtenir lectures de rendiment, com ara producció total, o avisos de defectes a través d'una aplicació intuïtiva.

### 1.3 Especificacions abast:

La màquina haurà de ser capaç d'elaborar tubs en forma continua del calibre i longitud desitjats a partir de cintes d'acer inoxidable, només amb la intervenció humana sobre la supervisió i ajustament del procés. La màquina serà controlada per un quadre elèctric que contindrà tots els actuadors necessaris per el seu funcionament, que seran comandats per un PLC de la sèrie "Simatic S300" de Siemens, a més l'operari disposarà d'una interfase HMI desde on podrà controlar el procés gràcies a una aplicació SCADA que respondrà al programa inserit al PLC.

## 2 DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS

### 2.1 Etapes de la màquina:

L'automatització, es divideix en varies etapes que actuen simultàniament per a la obtenció del producte final, així doncs es poden definir diferents etapes de treball que conformen la totalitat de maquinària necessària per a la fabricació del tub.

La primera etapa anomenada descordador, que allotja la cinta d'acer inoxidable en un eix associat a un motor, accionat per un convertidor de freqüència, aquest desenrotlla la cinta d'acer inoxidable que entra a dins del laminador, propera etapa. Hi han dos detectors en aquesta etapa que determinen si la cinta de matèria prima està muntada sobre el carret i si aquesta té continuïtat fins al laminador, es pot apreciar de forma esquemàtica l'etapa de descordador en la figura 1.

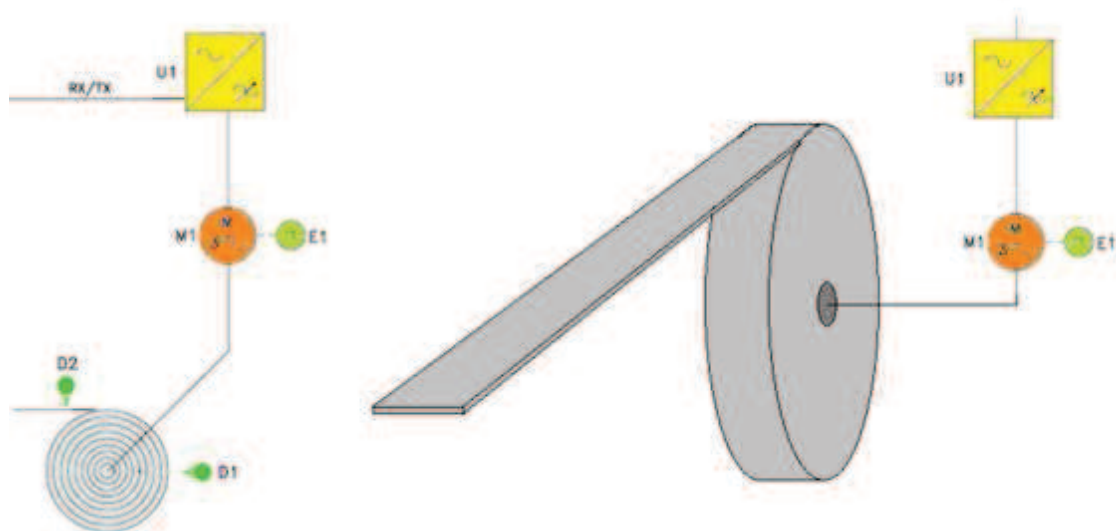


Figura 1: Etapa 1: Descordador

La segona etapa anomenada laminador, li arriba la cinta d'acer en posició horitzontal, aquesta passa entremig de dos capçals que assegurin que la cinta desenrotllada no prengui una forma corba, que diversament, prendria induïda per la forma enrotllada com ens la proporciona el proveïdor. Per accionar aquest dos capçals, els associem a dos motors accionats per un únic convertidor de freqüència, que a la vegada, comunica amb la resta de convertidors de freqüència gràcies a una comunicació de mestre-esclau a través de la xarxa PROFIBUS.

Els capçals estan associats, cadascun d'ells, a un pistó hidràulic que proporciona la pressió necessària per eliminar la forma corba que la cinta prendria com s'ha explicat anteriorment. En aquesta etapa trobem els detectors necessaris per controlar la posició dels pistons i un detector que controla la continuïtat de la cinta cap a la següent etapa. Es pot apreciar de forma esquemàtica l'etapa de laminador en la figura 2.

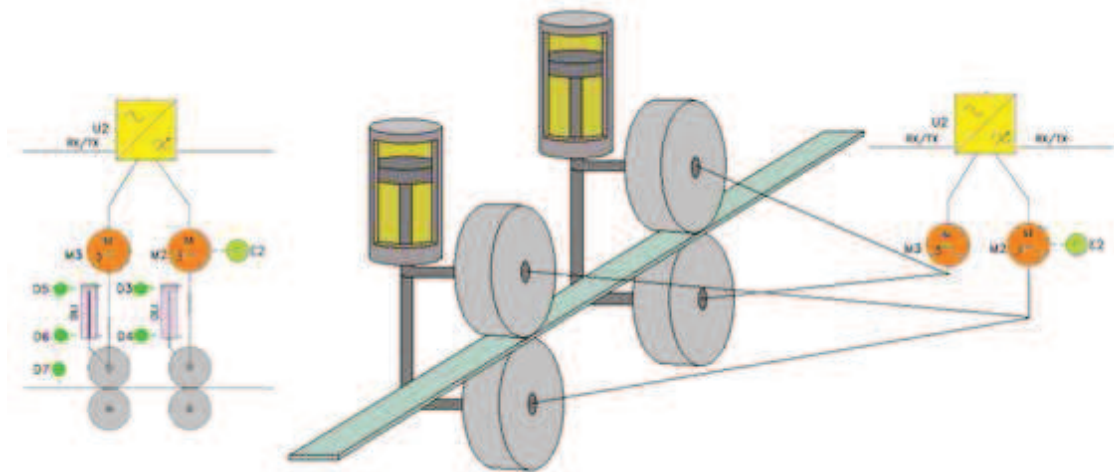


Figura 2: Etapa 2: Laminador

La tercera etapa anomenada calibrador 1, pren la cinta de l'etapa anterior, la cinta arriba amb una forma rectilínia que respecta la horitzontalitat total. Aquesta etapa es conforma de 6 grups de capçals que pleguen la cinta conferint-li una forma corba. Els capçals munten dos rodets de tracció, de tres rodets totals, que gràcies a la seva forma còncava i a la seva inclinació progressiva permeten que la cinta prengui la forma desitjada. Pel primer grup de capçals, els cantons tant dret com esquerre de la cinta, prenen una inclinació de 15 graus respecte a la horitzontal, el segon grup de capçals, confereixen, en ambdós cantons de la cinta, una inclinació de fins a 30 graus respecte a la horitzontal, el tercer fins a 45 graus respecte a la horitzontal, i així progressivament fins al sisè grup de capçals que li confereixen a ambdós costats de la cinta una inclinació de 90 graus respecte a la horitzontal, en aquest punt la cinta ja ha pres una forma semicircular.

El tercer rodet de cada grup, que no es de tracció, i per tant, no es associat a cap motor, té una forma convexa que fixa la cinta en la seva posició i no permet que aquesta es mogui a causa de la pressió exercida pels altres dos rodets que li confereixen la forma. Els 6 grups de capçals son accionats per 6 motors de idèntica potència accionats tots ells



per un únic convertidor de freqüència, que es comunica amb els demás a través de la xarxa mestre-esclau. En aquesta etapa trobem els detectors necessaris per controlar la posició dels pistons, i un detector que controla la continuïtat de la cinta cap a la següent etapa. Es pot apreciar de forma esquemàtica l'etapa de calibrador 1 en la figura 3.

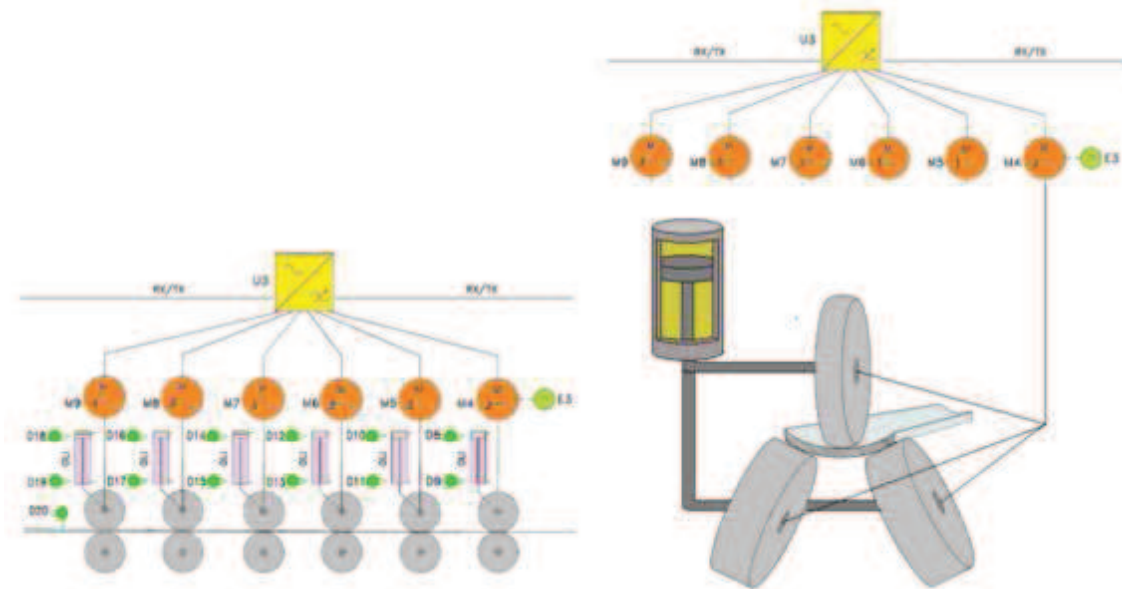


Figura 3: Etapa 3: Calibrador 1

La quarta etapa anomenada calibrador 2, és molt similar a l'anterior amb l'única diferència que munta 4 rodets de tracció per donar la forma a la cinta. En aquesta etapa no hi necessitat de muntar un tercer rodet per fixar la cinta, ja que amb els 4 rodets exercint pressió, la cinta queda fixada, i no permeten que aquesta es mogui.

Tots els quatre rodets tenen forma còncava, i apliquen pressió a la cinta amb inclinacions progressives amb el mateix procediment que en la etapa anterior. Cada grup de capçals augmenta la inclinació de la cinta 15 graus respecte a la última posició adquirida per la cinta. Per conferir-li així, la forma circular i tancar així el cercle del tub, fent que ambdós costats de la cinta quedin alineats un contra l'altre.

Aquesta etapa també es compon de 6 grups de capçals que estan associats cadascun d'ells a un motor elèctric i tots ells accionats per un únic convertidor de freqüència sempre dins la xarxa mestre-esclau. En aquesta etapa com en l'anterior, trobem els detectors necessaris per controlar la posició dels pistons i un detector que controla la continuïtat de la cinta cap a l'etapa posterior. Es pot apreciar de forma esquemàtica l'etapa de calibrador 2 en la figura 4.

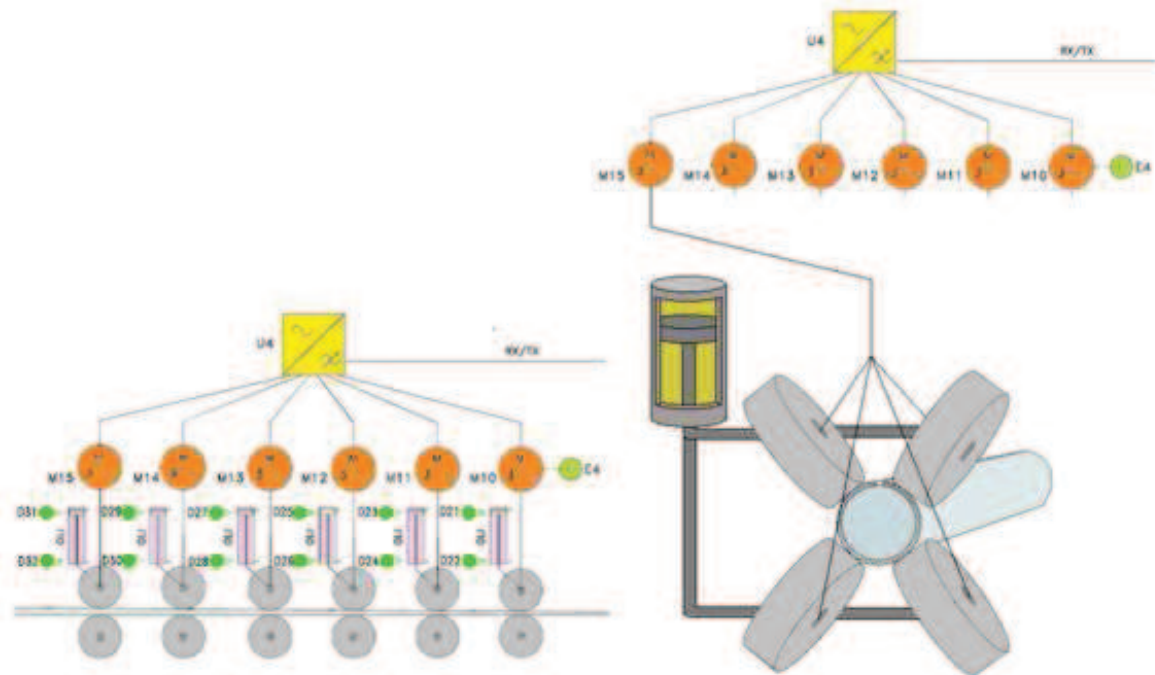


Figura 4: Etapa 4: Calibrador 2

La cinquena etapa és l'anomenada etapa de soldadura, en aquesta etapa la cinta arriba ja plegada amb ambdós costats alineats a causa de la forma totalment circular que ha pres després de passar per les dos etapes de calibració. La cinta passa sota el capçal del làser pel punt en que s'ha de soldar, i es fa la soldadura amb el feix làser.

La posició del làser queda fixada en l'ajustament segons el calibre del tub a fer, abans de procedir a la fabricació. El capçal làser està associat a un motor elèctric que en determina la posició, ja que el capçal ha de posicionar-se en el punt òptim per realitzar la soldadura. El capçal és alimentat pel seu propi quadre elèctric el qual és comandat pel PLC principal. El làser, a més, ha de disposar d'un circuit d'aigua per la seva refrigeració i un circuit de gas argó per efectuar la soldadura.

En aquesta etapa trobem els detectors pels límits de la guia de posició del capçal làser, els detectors que senyalen els nivells màxim i mínim del dipòsit d'aigua pel refredament del capçal làser, els pressòstats per senyalar que hi ha pressió d'aigua i gas argó pel capçal làser, i un detector que verifica la bona qualitat de la soldadura làser. Es pot apreciar de forma esquemàtica l'etapa de soldadura en la figura 5.

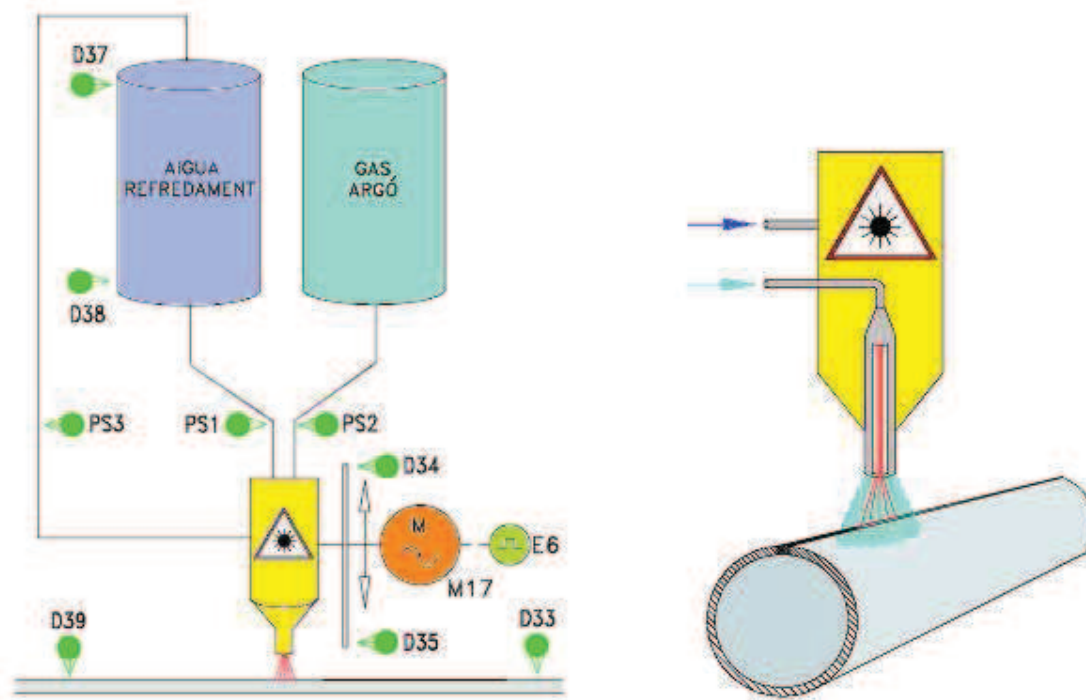


Figura 5: Etapa 5: Soldadura.

La sisena etapa es l'anomenada etapa de polit extern i serrat, aquesta etapa és divideix en dos parts, en la primera trobem la polidora que actua directament sobre la línia de la soldadura i elimina les imperfeccions que hagin pogut quedar després de la mateixa, així com cuidar l'acabat final extern del tub, aquesta actua de forma continua.

Més endavant, com a segona part d'aquesta etapa trobem la serra, que actuarà quan s'hagi arribat a la longitud desitjada, i aplicarà el tall al tub parant el procés per uns segons necessaris per practicar el tall al tub, la serra ha de ser necessàriament refrigerada perquè el disc no pateixi massa estrès i es trenqui, també en millora l'acabat del tall.

En aquesta etapa trobem els detectors que ens assenyalen la posició superior o inferior de la polidora i la serra accionades per pistons pneumàtics, també trobem els detectors que ens assenyalen el nivell mínim i màxim del refrigerant de la serra i un detector que verifica que el tall s'hagi efectuat correctament. Es pot apreciar de forma esquemàtica l'etapa de polit extern i tallat en la figura 6.

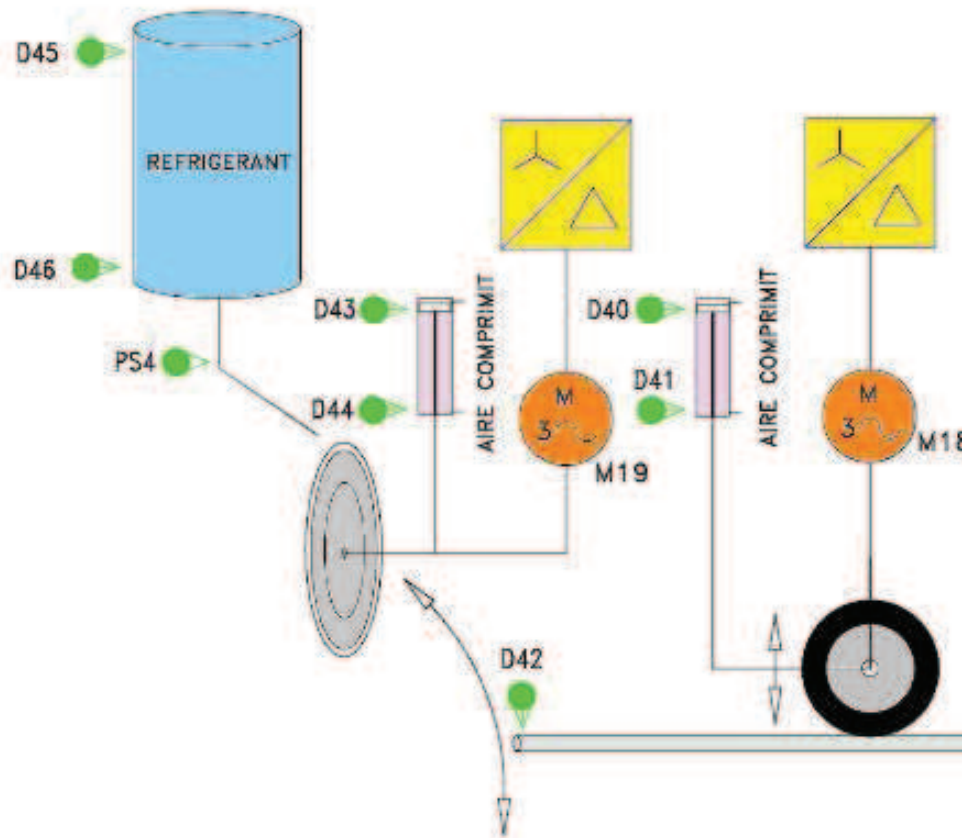


Figura 6: Etapa 6: Polit extern i tall.

La setena etapa es l'anomenada de polit intern i bufat, en aquesta etapa el tub arriba del tallat amb la mesura desitjada i cau per una rampa on al final d'aquesta hi ha una pinça que pren l'extrem anterior del tub per fixar-lo. Un cop fixat, el tub està en la posició correcta perquè una llança entri a l'interior del tub amb força i surti del mateix, això fa que el capçal de la llança grati la rebava interna que hagi pogut quedar després de la unió dels dos extrems de la cinta i/o aplicar una forma perfectament circular al tub i evitar les imperfeccions que es puguin haver produït durant el procés o per un defecte del material, així s'assegura que el tub no contindrà impureses o malformacions que farien disminuir la qualitat del producte final.

La llança es un element que és conforma d'un capçal rígid que s'ha de canviar en l'ajustament en cas de produir tubs amb un calibre divers de l'anterior fabricat, a més és un element que pateix un desgast considerable i ha de ser controlat per un correcte funcionament del mateix. Per aquest motiu també es un component que s'ha de revisar i en tot cas, canviar periòdicament.

Per la conclusió d'aquesta etapa i també del procés final, el tub cau per una segona rampa on hi trobem una altra pinça que subjecte el tub i un bufador aplica aire comprimit a dins del tub per tal d'extreure les impureses que hagin pogut quedar al enretirar la llança, un cop acabada aquesta operació, el tub cau definitivament cap a un espai d'acumulament on es conserven els tubs fabricats. Cada vegada que un tub passa per aquest punt, un sensor detecta el tub i incrementa el comptador final de tubs fabricats.

S'ha de fer atenció que aquest espai d'acumulament és limitat i un operari ha de retirar els tubs fabricats per fer espai als demés tubs que arriben per tal de que no es produeixi un bloqueig en la producció. De totes maneres, si el tub no queda ben fixat per la pinça del bufador, o l'espai d'acumulament de tubs es massa ple, els sensors pertinents senyalen al PLC que hi ha una fallada en la operació i la màquina s'atura. Es pot apreciar de forma esquemàtica l'etapa de polit intern i bufat en la figura 7.

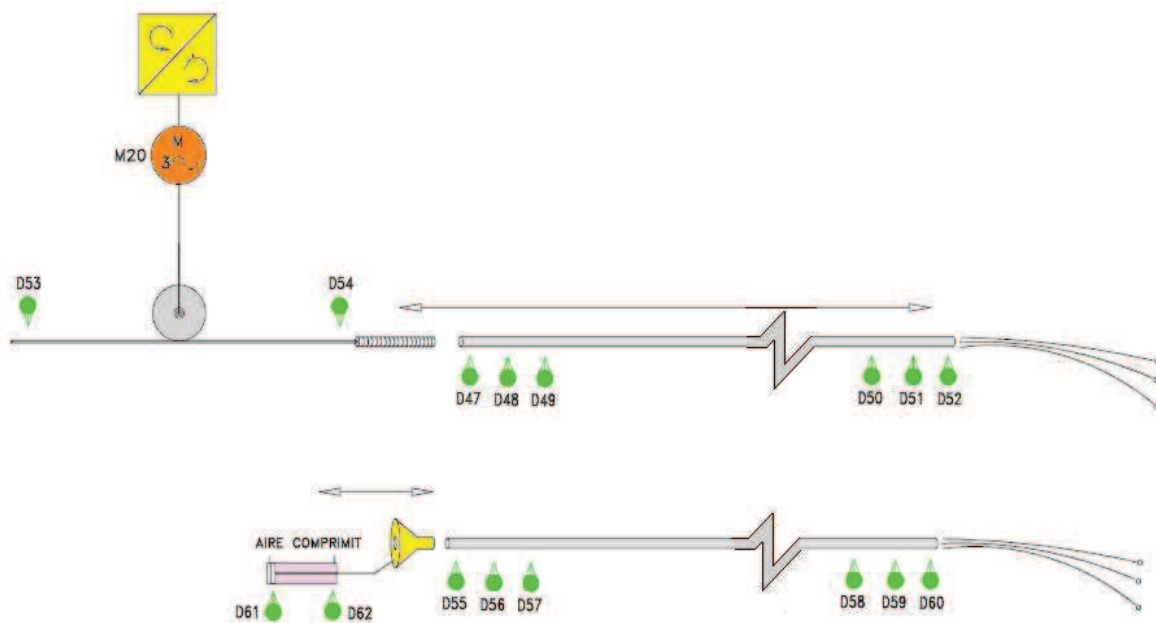


Figura 7: Etapa 7: Polit intern i bufat.

## 2.2 Circuit hidràulic pels capçals:

Els capçals amb rodets són presents en 3 etapes de la màquina, concretament en el l'etapa de laminador, en l'etapa de calibrador 1 i en l'etapa de calibrador 2, en tots el

casos s'aplica una pressió a la cinta a través dels capçals gràcies a l'associació dels mateixos a un pistó hidràulic.

En cas del laminador, la cinta s'ha de pressionar per tal que aquesta tingui una forma completament horitzontal per a les següents etapes, i eliminar la forma corba que ha pres a causa de ser enrotllada, en aquest cas la pressió aplicada ve verificada per la lectura d'un pressòstat del circuit hidràulic pel laminador, i que es associada a una entrada analògica que llegeix el valor de pressió amb una lectura de corrent de 4 a 20mA.

En cas de l'etapa del calibrador 1 i l'etapa del calibrador 2 la cinta es pressiona per prendre la forma circular que es desitja per formar el tub. La forma circular es defineix gràcies a la forma còncaua que tenen els capçals, estudiada expressament per crear la forma desitjada.

Tot així, es poden muntar diverses amplades de cinta que determinen el calibre final del tub, i/o diferents tipus de materials de la cinta. Per tant, cada tipus de calibre i/o material, requereix una pressió diversa, així doncs la pressió que s'aplica als capçals mitjançant el circuit hidràulic ha de poder variar, llavors, la motobomba que aplica la pressió al circuit hidràulic està directament associada a un convertidor de freqüència que ens permetrà establir la pressió necessària per a cada tipus de calibre. En tot moment la pressió del circuit ve verificada per un pressòstat associat a una entrada analògica. Aquest ajustatge s'ha de fer abans de començar la fabricació del tub, ja que cada calibre i/o material comporta una pressió determinada, que l'usuari ha d'establir segons convingui, abans de la fabricació.

### 3 QUADRE ELÈCTRIC.

#### 3.1 Prescripcions constructives pel quadre elèctric:

El quadre elèctric allotjarà tots els elements elèctrics i electrònics pel control del procés. Així doncs, aquest quadre elèctric ha de disposar de totes les proteccions necessàries per evitar contactes directes i indirectes a persones de l'entorn, a més ha de assegurar i dimensionar una correcta circulació d'aire per evitar sobre temperatures que podrien esser causades per una elevada temperatura ambient, i pel funcionament dels convertidors de freqüència, els transformadors allotjats dins del quadre, el PLC, entre d'altres elements.

El quadre elèctric ha de ser organitzat de manera lògica, es a dir, els elements muntats dins del quadre elèctric aniran muntats sobre unes guies normalitzades, ideades per aquest propòsit i és disposaran en files, cadascuna d'aquestes files ha de muntar elements per una sola tensió, o elements de similar funció. En el aquest cas, dins del quadre elèctric trobarem 3 tipus de tensions. Tensió trifàsica més neutre de 400V, tensió monofàsica de 230V obtinguda a partir de transformadors, i tensió de 24V de corrent continua obtinguda a partir d'alimentadors. Cada fila de components estarà envoltada de canaletes per posicionar els cables dins d'aquestes i poder circular dins del quadre elèctric.

Les canaletes son realitzades amb plàstic tèrmicament resistent, seran amb coberta desmuntable per accedir fàcilment al cablejat en cas de manutenció, seran de color gris i tindran una profunditat de 80 mil·límetres i unes amplades de 25, 40, 60 o 80 mil·límetres segons convingui.

Les guies que munten els components, les canaletes, els accessoris dels convertidors de freqüència i el PLC estaran muntats sobre plafons de metall, cada plafó té unes mesures de 1800 mil·límetres d'alçada per 700 mil·límetres de amplada, això fa que el quadre elèctric sigui compost per 3 plafons de les mesures esmentades anteriorment, i en conseqüència, cada plafó anirà muntat dins d'un compartiment únic.

Els compartiments o armaris, seran separats per un làmina de segregació, que impedirà que l'aire passi d'un plafó a l'altre i mantindran una circulació d'aire per cada plafó desde la part inferior a la part superior. Cada compartiment o armari té unes mesures de 2000 mil·límetres d'alçada per 800 d'amplada i 800 de profunditat, a més cadascun d'aquest compartiments tindrà una porta d'accés per la part davantera. Cada



porta d'accés acciona un fi de cursa quant és tancada, que indica al PLC si la porta de l'armari és tancada o oberta, i en cas que sigui oberta, ens dona una indicació de perill.

Pel que fa a la circulació de l'aire, cada compartiment o armari, munta a la part davantera i superior, dos ventiladors dimensionats adequadament que extreuen aire del quadre, també a la part davantera, però inferior, dos filtres que prenen l'aire de l'exterior, els ventiladors i els filtres son de la firma "Stulz".

Cada compartiment o armari ha de disposar de serveis com ara preses de corrent i llums, a la part superior de cada compartiment és munta una làmpada fluorescent de la firma "Elfin". A cadascun dels plafons és munta una presa de corrent de 230V 50Hz per a la connexió provisional d'algun element extern, com pot ser una lluminària portàtil o ordinador o qualsevol altre element, usats pel manteniment. Aquesta presa disposa d'una protecció aigües amunt de 6A, amb una protecció diferencial de 300mA.

El quadre elèctric té unes dimensions totals de 2200 mil·límetres d'alçada per 2400 mil·límetres de amplada per 800 mil·límetres de profunditat, que corresponen a la suma dels tres compartiments o armaris, un al costat de l'altre i el sòcol per la fixació a terra. El sòcol té una alçada de 200 mil·límetres amb uns forats de fixació de mesura M14 per fixar el quadre elèctric al terra. Per altra banda, el sòcol allotja una barra d'ancoratge pels cables que arriben per la part inferior, com ara els cables per l'alimentació, i els cables que van cap als diferents elements com ara els motors i detectors.

Tots els cables que surten o arriben al quadre, és fixen a terminals de la firma "Weidmüller" del tipus WDU amb fixació per cargols. Tots els terminals són organitzats en blocs de terminals, aquets estan disposats a la part inferior de cadascun dels plafons. Tots els blocs terminals estan dividits de forma lògica, es a dir, que respecten un nivell de tensió únic i/o comparteixen una sola funció. Tots els terminals són dimensionats per a les potències que han de suportar, i amb funció de la secció del cable que han de allotjar. Alguns blocs de terminals són muntats en una posició òptima per la seva funció, com per exemple el bloc de terminals que distribueix la alimentació 230V 50Hz pels serveis o el bloc de terminals que distribueix la tensió de 24V de corrent continua, en cas d'aquest últim, és situa proper al PLC. Tots els blocs de terminals disposen de terminals de reserva que corresponen aproximadament al 20% del número total de terminals dins d'un mateix bloc, en previsió a algun tipus d'ampliació, o element adjuntiu.

El quadre elèctric ha de oferir un grau de protecció mínim de IP44 amb les portes tancades i de IP20 amb les portes obertes. A més ha de tenir un grau de protecció d'intensitat de curtcircuit de 50KA a causa de la possible distància a l'escomesa.



El quadre elèctric té un color gris RAL 7035 d'acord amb la codificació de colors RAL, la pintura es del tipus intumescent i ha de tenir un espessor mínim de 60 microns.

### 3.2 Components utilitzats:

El quadre elèctric munta tots els elements per al funcionament dels accionaments que pertanyen a la automatització, entre ells proteccions, contactes, convertidors de freqüència, el PLC, i elements de mesura i serveis pel correcte funcionament del conjunt.

En aquest capítol es farà referència a tots els elements utilitzats en el quadre segons la seva naturalesa i funcionalitat. Per homogeneïtzar la filosofia de funcionament de l'automatització, s'ha decidit que els components utilitzats siguin mono-marca i per tant, assolir així els avantatges que suposa el fet de utilitzar components de un únic fabricant.

En aquest cas s'utilitzen elements de la marca Siemens que és una de les més consolidades en el mercat d'elements electrotècnics i d'automatització d'aquest temps, a més, disposa d'un molt ampli catàleg que permet una gran flexibilitat en l'elecció dels components, així com una presència molt ferma en el mercat que ens assegura la facilitat d'obtenir recanvis en cas de necessitat.

#### 3.2.1 Elements de protecció:

En aquest apartat es fa referència a tots els elements de protecció que son necessaris per l'automatització per assegurar un nivell de protecció suficient per a la seguretat del ésser humà, com per la protecció dels diversos elements i aparellatge elèctrics de l'automatització. Aquest poden ser necessaris en cas de un mal funcionament dels mateixos o d'una fallada directa o indirecta, com podria ser, per exemple, un bloqueig extern o bé una causa d'usura d'algun d'aquest elements.

Els elements de protecció que trobem en el quadre son de diversos tipus i segons diverses configuracions, per exemple podem trobar interruptors magnetotèrmics, seccionadors de línia, proteccions diferencials, interruptors salva motors, i fusibles en bases porta fusibles. Vegem dons, segons el grup que pertanyen cadascun d'ells.

#### 3.2.2 Interruptor principal:

Com a interruptor principal es proposa un 3VL3720-1EC46-0AA0, aquest pertany a la sèrie "Sentron" de Siemens de 4 borns, per a línies trifàsiques més neutre. En el nostre cas trifàsica de 400 Volts més neutre a una freqüència de 50Hz. Aquest interruptor talla per un corrent màxim de 200 Ampers, aquest, també, accepta varies configuracions.

La triada en aquest cas inclou 2 contactes auxiliars oberts (2NO) i 2 contactes auxiliars tancats (2NC), que ens serviran per obtenir informació de l'estat de l'interruptor a través de les entrades del PLC E0.0 i E10.0. Aquest interruptor amb la configuració triada, a més, conté una bobina de mínima tensió que obre l'interruptor i talla el tot el corrent dins del quadre en cas de que aquesta no rebi tensió, aquesta ens serveix per verificar si s'ha pulsat algun dels 4 pulsadors d'emergència repartits al llarg de la màquina, més endavant s'explicarà com es gestionen les diferents situacions en estat d'emergència. En la figura 8 es pot apreciar l'aspecte extern de l'interruptor principal.



Figura 8: Interruptor de la sèrie "Sentron 3VL"

Per disposar d'una maneta externa a la porta del quadre sense necessitat d'obrir-la, es necessari un complement d'accessoris ideat per aquest tipus d'interruptor. Aquests accessoris tenen com a referència comercial 3VL9300-3HF05.

### 3.2.3 Proteccions pels convertidors de freqüència:

Cada convertidor de freqüència, té associada una protecció per l'activació de la línia trifàsica del motor, cadascuna d'aquestes proteccions està dimensionada adequadament per la potència del motor i convertidor que han de protegir. Aquestes proteccions són seccionadors de línia que munten fusibles del tipus gG de la sèrie 3NA amb grandesa constructiva NH000. Els seccionadors son de la sèrie "Sentron" 3KL, estan equipats amb una maneta per la seva desconexió manual, i disposen de 3 posicions, una de bloqueig, una de apagat i una altra de circuit connectat.

Cadascun d'aquests seccionadors tenen associats un bloc de contactes auxiliars 3SB1400-0G amb 2 contactes oberts (2NO) per obtenir informació sobre l'estat de la protecció. Un dels contactes dona informació al PLC i l'altre dona informació al complement del convertidor pel seu control, la unitat CU320-2DP, més endavant s'explicarà la lògica dels convertidors i la funció dels seus complements. En la figura 9 es pot apreciar l'aspecte dels seccionadors de línia, i els fusibles que munten.



Figura 9: Seccionador de línia i fusibles associats.

#### 3.2.4 Proteccions per arrencades estrella triangle i inversió de gir:

Cada arrencada sigui per estrella triangle o inversió de gir té associada una protecció aigües amunt del contactor de línia cap al motor, aquestes proteccions són interruptors magnetotèrmics per a protecció de motors de la sèrie "Sirius" 3RV10, totes aquestes proteccions estan dimensionades en cada cas per el motor que tenen associat. Totes elles munten un bloc de contactes auxiliar 3RV1901-1F, amb 2 contactes oberts (2NO) per obtenir informació sobre l'estat de la protecció, un dels contactes dona informació al PLC i l'altre dona informació a la lògica de control de l'arrencada.

#### 3.2.5 Proteccions per les línies de serveis:

Es defineixen línies de serveis, aquelles línies que alimenten diferents components que ajuden al funcionament del quadre elèctric i que no actuen directament en l'automatització. Com ara la línia pels ventiladors, les lluminàries dins dels

compartiments del quadre elèctric, les presses de servei i també les línies que alimenten transformadors o alimentadors per la creació de tensions auxiliaries com ara la tensió de 230 Volts 50Hz per la lògica de comandament, o la tensió 24 Volts de corrent continu per alimentar el PLC i els convertidors i els seus complements.

Per a aquestes línies de serveis on es creen les alimentacions de 230 Volts 50Hz trobem una protecció magnetotèrmica en configuració de salva motor per l'alimentació de transformadors. Es pren aquesta configuració per donar una seguretat major, ja que son elements que pateixen un escalfament considerable segons es sol·licitin. En aquest cas s'usen interruptors magnetotèrmics 3RV1421-4AA15 de 3 pols, que talla per corrents de 11A a 16A, depenent de com s'ajusti.

A més, amb aquesta configuració de l'interruptor, aquest allotja un bloc que contactes amb un contacte obert (1NO) que ens serveix per donar informació al PLC sobre l'estat de l'interruptor i un contacte tancat (1NC), que no s'usa.

Per la línia d'alimentació de les lluminàries trobem un interruptor magnetotèrmic de la sèrie 5SY4, concretament en aquest cas un interruptor 5SY4204-7 de 2 pols que talla a 4A. També es munta en el lateral d'aquest interruptor, un bloc de contactes auxiliars 5ST3010, amb un contacte obert (1NO) que ens serveix per donar informació al PLC sobre l'estat de l'interruptor i un contacte tancat (1NC), que no s'usa.

Per la línia d'alimentació dels ventiladors del quadre trobem un interruptor magnetotèrmic també de la sèrie 5SY42, però en aquest cas per un corrent de tall de 10A, així dons s'usa un 5SY4210-7 amb un bloc de contactes auxiliars com en el cas anterior.

Per la línia d'alimentació de les presses de corrent usem també un interruptor magnetotèrmic de la sèrie 5SY42. Concretament un 5SY4206-7 que també munta un bloc de contactes auxiliars pel mateix motiu que ens els casos anteriors, però a més munta un bloc de protecció diferencial 5SM2322-0 que ens assegura una protecció per corrent diferencial de 300mA.

### 3.2.6 Proteccions pel PLC:

Tots els elements que conformen el PLC són protegits per interruptors magnetotèrmics de 1 pol de la sèrie 5SY41, tots els interruptors, tret del que alimenta CPU, munten un bloc de contactes auxiliars 5ST3010 amb un contacte obert (1NO) que ens serveix per donar informació al PLC sobre l'estat de l'interruptor i un contacte tancat (1NC), que no s'usa.

### 3.3 Elements pre-activadors:

Els elements pre-activadors, son aquells que permeten l'enllaç entre l'actuador el control, en aquest cas el PLC. Per tant, els pre-activadors, ens permetran suministrar als diferents actuadors, les tensions i potències adequades per el funcionaments d'aquest. En aquest cas generalment trobem contactors de potència i convertidors de freqüència

#### 3.3.1 Contactors de potència:

Els contactors de potència s'encarreguen de tancar el circuit per donar corrent a l'activador que està associat directament en cas de les arrencades de estrella triangle o inversions de gir, o bé, indirectament com a pas previ en cas dels motors comandats per convertidors de freqüència.

En el tots els casos s'usen contactors de 3 pols de la sèrie "Sirius" 3RT10, de grandesa constructiva .S00, en aquest cas tractem amb potències poc elevades, i generalment s'usa el 3RT1015-1AP01 o el 3RT1016-1AP01 segons convingui. La part posterior de la referència comercial, ens indica que aquests tipus de contactors munten bobines de activació per tensions de 220/230 Volts a 50/60Hz.

Cadascun d'aquest contactors ja inclou un contacte auxiliar obert (1NO) que ens serveix per donar informació al complement de control del convertidor de freqüència, la unitat CU320-2DP que s'encarrega del correcte funcionament de la lògica de control dels convertidors. En cas d'arrencades sense convertidors de freqüència el contacte s'usa com a tall de seguretat en el circuit de maniobra de l'arrencada.

Tot i així, en cas dels contactors associats a un convertidor de freqüència es munta un bloc de contactes auxiliars 3RH1911-1HA12 i així es disposa de 2 contactes oberts (2NO) i de dos contactes tancats (2NC) que ens serveixen com a reserva per saber l'estat del contactor, però que no s'usen.

Tots els contactors de potència tenen associat un bloc de filtre RC anomenat 3RT1916-1CD00 per augmentar la rapidesa d'acció del contactor i eliminar sorolls i rumors que puguin fer nosa a la seva maniobra. Aquesta rapidesa és necessària pel correcte funcionament dels convertidors de freqüència i la seva lògica de control.

En la figura 10 es pot apreciar l'aspecte dels contactors de potència utilitzats de la sèrie "Sirius" 3RT10 i els complements per aquests contactors.



Figura

10: D'esquerra a dreta, el contactor de la sèrie "Sirius" 3RT10, el bloc filtre RC i el bloc de contactes auxiliars.

### 3.3.2 Convertidors de freqüència:

Els convertidors de freqüència són de la sèrie "Sinamics S120" de Siemens, aquests són molt innovadors i porten incorporades nombroses aplicacions interessants pel camp d'aplicació d'aquesta automatització. La seva forma de connexionat, resulta molt innovadora, intuïtiva i resulta força senzilla per elements d'aquest tipus, a més, aquesta sèrie de convertidors està pensada per a un ampli rang de condicions adverses que és poden trobar aquests elements dins la indústria. Desde la seva adaptació a condicions atmosfèriques extremes, com altes diferències tèrmiques o de alçada sobre el nivell de mar, fins a ambients de treball perillosos o amb partícules sospeses en l'aire, contraproductes per aquests elements.

El fet de utilitzar convertidors de freqüència representa un estalvi energètic important i per tant, un estalvi econòmic al llarg del temps. Pel que fa al "Sinamics S120" conté varis sistemes com el circuit intermedi comú que permet un estalvi energètic major en comparació a altres convertidors de freqüència, a més, conté un sistema d'emmagatzemament d'energia que, junt amb el seu mòdul de control permeten un cert estalvi. Així com la mesura de l'ajustament del cosinus de fi a 1 en funcionament i evitar així un consum d'energia reactiva. També disposa de un sistema de recuperació d'energia en cas de frenada que en aquesta aplicació no ens interessa massa, però que ajuda a que la xarxa no pateixi grans oscil·lacions.

El "Sinamics S120" és un convertidor de freqüència que ja disposa de funcions de seguretat com arrencades segures després d'una caiguda de tensió que no cal gestionar per PLC, encara que en aquest cas si que es farà. El "Sinamics S120" també permet la connexió de varis mòduls de potència amb un sol mòdul de control, aquesta característica

però, no serà utilitzada per raons de independència entre etapes i manutenció. Entre les seves possibilitats de comunicació, aquest convertidor accepten connexions “Profibus”, “Profinet” o “Ethernet”, aquesta última, però, requereix una arquitectura de control amb “Simotion”. En el nostre cas la xarxa de comunicació es realitza mitjançant el protocol PROFIBUS.

El “Sinamics S120” està dividit amb diferents blocs constructius on el principal és el “Power Module” o mòdul de potència en el que se li poden acoblar o connectar diversos complements i/o accessoris per l'aplicació desitjada, tota la comunicació dels elements “Sinamics” es fa per una connexió anomenada “Drive-Cliq” que Siemens ha procurat a aquests elements per fer més senzilla la seva instal·lació, programació i funcionament. El protocol de comunicació “Drive-Cliq” és un sistema de comunicació molt efectiu per enllaçar complements i/o accessoris de “Sinamics S120”. A més, només requereix de un sol node de connexió entre els varis elements que conformen el convertidor de freqüència, estalviant així, cablejat i complicacions. Així doncs, resulta molt apropiat per una instal·lació i manteniment senzills.

El component principal dels convertidors “Sinamics S120” és el “Power module” o mòdul de potència, que rep la línia d'alimentació a través d'una bobina d'entrada, i d'aquest, surt la línia de potència que va cap al motor. Aquest mòdul es fabrica en varies grandàries, en el nostre cas, tots els mòduls de potència utilitzats són mòduls de potència PM340 de la forma “Blocksize”, i de grandesa constructiva FSA i FSB. Aquest mòdul, per aquesta grandesa constructiva, es presenta encaixat i disposa de un sistema de refrigeració molt efectiu, que pren aire fresc pel frontal i per la part anterior, per treure l'aire calent per la part superior i posterior de l'encapsat. Això permet que es pugui encaixar en una segregació dins del quadre elèctric que divideix el quadre en dos seccions, una amb aire fresc, i una altra amb aire calent, per no destorbar a components sensibles a la temperatura. En el nostre cas, però, no cal disposar d'una segregació que divideixi el quadre elèctric, ja que es crea una circulació d'aire forçada expressament per a la extracció del calor en excés del quadre elèctric, a través de ventiladors muntats amb els seus respectius filtres, i aquest són suficients per refrigerar adequadament el quadre elèctric i els components que munta en el seu interior. En la figura 11 es poden apreciar l'aspecte dels mòduls de potència amb grandesa constructiva FSA i FSB.





Figura 11: D'esquerra a dreta, mòduls de potència PM340 "Blocksize" de grandesa constructiva FSA i FSB respectivament

Els mòduls de potència de la sèrie "Sinamics S120" necessiten una bobina d'entrada per evitar que prenguin fluctuacions elèctriques produïdes a la xarxa i evitar sorolls. Llavors, cada tipus de mòdul de potència requereix la seva bobina d'entrada associada, depenent de la potència que realitza el convertidor de freqüència, es fa la selecció de la bobina d'entrada. En el cas dels mòduls de potència seleccionats, es a dir, amb forma "Blocksize" i amb grandeses constructives FSA i FSB, les bobines d'entrada es poden muntar al costat dret del mòdul de potència o bé en la part posterior per facilitar el cablejat.

El mòdul de potència també disposa d'una connexió per un mòdul de frenat per la recuperació d'energia i frenat del motor en cas de necessitat. També, disposa de una connexió per una resistència tèrmica de frenat per una frenada encara més poderosa, aquests elements de frenat són opcionals i en el nostre cas, no ens serveixen, i no s'utilitza cap complement pel frenat dels motors, ja que treballem en velocitats relativament baixes. Cal pensar que en cas de parada, el mateix fregament dels rodets dels capçals, actuarà com a fre, ja que el fregament es molt elevat.

Es pot apreciar, de forma esquemàtica, la connexió bàsica del mòdul de potència per la línia de motor en la figura 12.



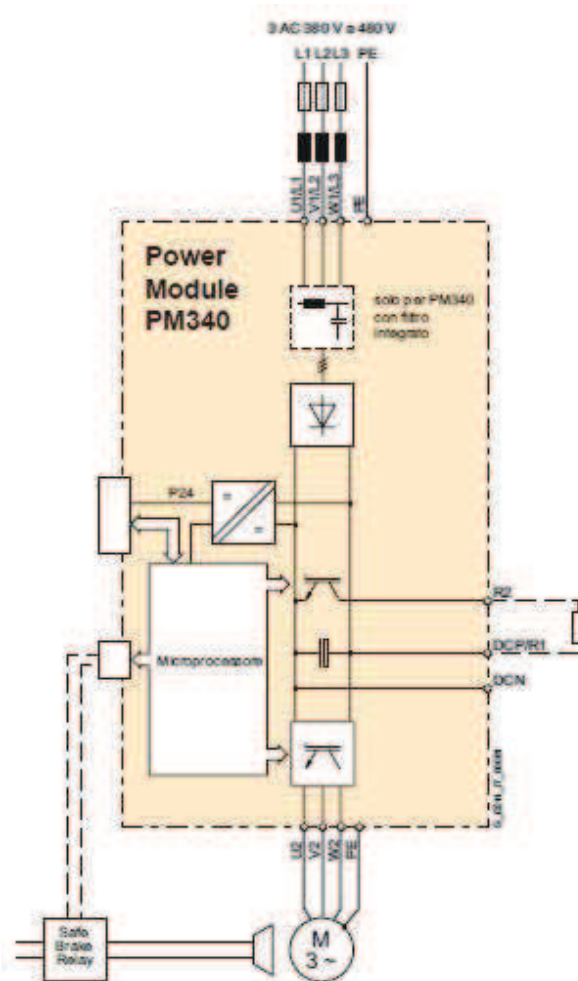


Figura 12: Diagrama esquemàtic del mòdul de potència PM340

En el nostre cas, pels convertidors de freqüència, ens servim del “Power Module” o mòdul de potència a més dels següents accessoris o complements:

La unitat de control CU-320-2D. Aquest element es defineix com a unitat de control del “Sinamics S120” i es comunica amb el mòdul de potència, aquest complement disposa de 12 entrades digitals i de 8 entrades o sortides digitals, aquestes ens serveixen per disposar els contactes que serveixen per la lògica de funcionament dels convertidors. A més, disposa de una connexió Profibus 2DP que serveix per la comunicació amb la xarxa PROFIBUS que en cas d'aquesta automatització, comunica amb els demés convertidors de freqüència i el PLC, ofereix també una connexió per un bus serial RS232. Disposa de 2 entrades i 2 sortides de “Drive-cliq”, que serveixen per la comunicació amb el mòdul de potència i en el nostre cas, també, amb el mòdul encoder SMC-30. Disposa també d'un allotjament per un mòdul d'expansió de entrades i sortides en cas de necessitat i d'un allotjament per l'anomenada “Flash-card”. Aquesta és una targeta de

memòria SD on la CU-320 guarda els seus paràmetres. A més, en aquesta targeta es poden guardar paràmetres per la posada en servei de l'accionament i estalviar temps i costos en aquest procés de posada a punt.

Aquest element està alimentat a 24 Volts de corrent continu i té un absorbiment de 24 Watts. Disposa de varis terminals per la distribució d'aquesta tensió pels diferents accessoris suplementaris del "Sinamics S120". La referència comercial de la CU-320-2DP és 6SL3040-1MA00-0AA0, mentre que la de la "Flash card" és 6SL3054-0CF00-1AA0. Aquest mòdul pot muntar en el seu encaix un petit panell d'operador "BOP20" per la visualització d'alguns paràmetres bàsics o esser connectat a un panell operador "AOP20" a través del port RS232, que permet el control específic de tots els paràmetres possibles pel convertidor de freqüència. En el nostre cas, no usarem cap panell d'operador, ja que tots els paràmetres necessaris per l'automatització, dels diversos convertidors de freqüència, seran visualitzables i controlables a través del panell HMI.

La CU-320-2DP verifica els seus estats a través de testimonis led, així, en cas de que es verifiqui algun problema de funcionament o comunicació és més senzill i ràpid de verificar. Es pot apreciar l'aspecte de la CU-320-2DP i un diagrama funcional en la figura 13.

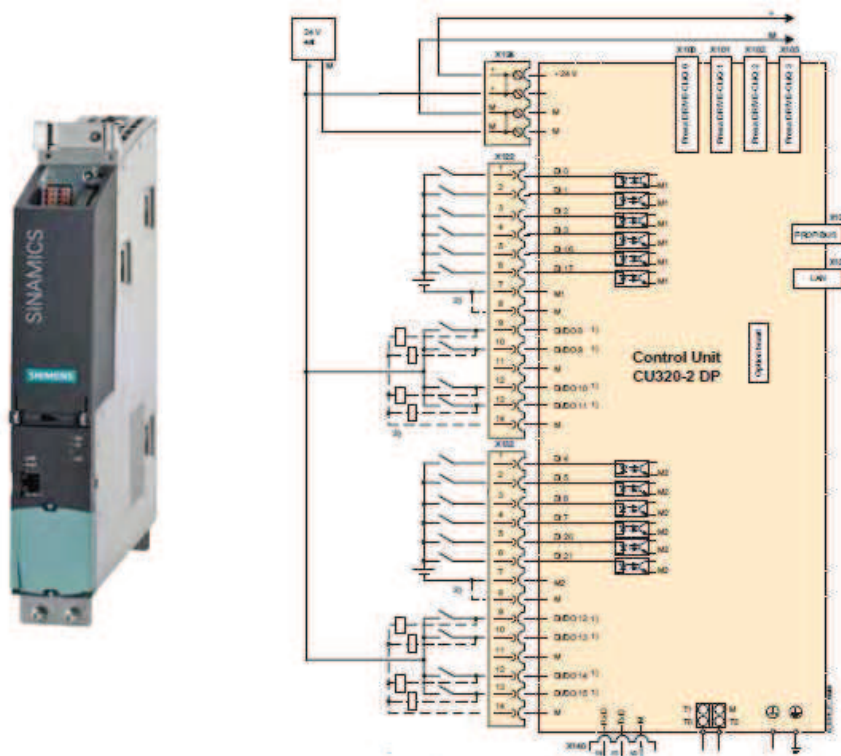


Figura 13: Aspecte de la CU-320-2DP i diagrama funcional.

Un dels altres accessoris que s'utilitza, es el mòdul SMC-30. Aquest element es defineix com a mòdul sensor del "Sinamics S120", disposa de tots els terminals necessaris per la connexió amb un transductor o encoder que no disposi de connexió "Drive-Cliq" i que ens assenyala la posició de l'eix del motor, aquest element tradueix el senyal per comunicar amb connexions "Drive-cliq" amb el mòdul de control del convertidor de freqüència i s'alimenta també a 24 Volts de corrent continu, i té un absorbiment màxim de 10 Watts.

Permet la connexió amb transductors incrementals TTL/HTL, amb o sense reconeixement de cable trencat, o transductors amb comunicació SSI. Es pot connectar a un transductor que estigui com a màxim a 100 metres de distància, i per a aquesta aplicació, és més que suficient. La seva referència és 6SL3055-0AA00-5CA2.

En aquest cas, tots els elements exposats són aquells que ens serveixen per conformar el convertidor de freqüència "Sinamics S120" que serà usat en aquesta aplicació, concretament s'utilitzen 6 convertidors de freqüència, cadascun d'ells conté tots aquest elements. Els únics elements canviants per cada convertidor de freqüència, són el mòdul de potència i la bobina d'entrada al convertidor.

Cal dir que tots els cables que surten del són el mòdul de potència i el mòdul sensor del convertidor de freqüència cap al motor i al revés, tenen que ser cables amb malla, aquests elements, disposen d'una barra de connexionat per la malla d'aquest tipus de cables.

### 3.4 Elements auxiliars:

#### 3.4.1 Temporitzadors:

Pel correcte funcionament de les lògiques de control, són necessaris altres components com els contactors auxiliars o relés temporitzats, així doncs, vegem de quins components ens servim per efectuar aquestes accions.

Per la lògica de control dels convertidors de freqüència ens hem de servir d'un contactor temporitzat a 1 segon, en aquest cas usem un contactor 3RH1122-1AP00 que és un contactor auxiliar amb 2 contactes oberts (2NO) i dos contactes tancats (2NC), que no usem, però que deixem a disposició. Aquest contactor munta una bobina per el seu comandament a 220/230 Volts 50/60 Hz. En aquest contactor es munta un bloc temporitzat 3RT1916-2DH21, aquest bloc disposa de 1 contacte obert (1NO) i 1 contacte tancat (1NC) temporitzats a la desconexió, és ajustable de 0.5 a 10 segons, en el nostre cas, l'ajustarem a 1 segon.

Tots els contactors temporitzats tenen associat un bloc de filtre RC anomenat 3RT1916-1CD00 per augmentar la rapidesa d'acció del contactor i eliminar sorolls i rumors que puguin fer nosa a la seva maniobra, aquesta rapidesa és necessària pel correcte funcionament dels convertidors de freqüència i la seva lògica de control.

Per la lògica de control de la maniobra d'arrencada estrella triangle, necessitem un temporitzador per donar temps al canvi de estrella a triangle. Així doncs, triem un relé bescanviador 3RP1574-1NP30, aquest relé disposa de 1 contacte de bescanviat de 1 pol obert, 1 de tancat i un pol comú. Aquest relé es pot ajustar de 1 a 20 segons, que en el nostre cas serà ajustat entre 1 i 2 segons, cal dir que aquest component està especialment concebut per aquest tipus de maniobra i té associada una bobina pel seu comandament per a 220/230 Volts a 50/60 Hz.

### 3.4.2 Contactors auxiliars:

Per la maniobra estrella triangle també necessitem 2 contactors auxiliars per seleccionar el gir en estrella o triangle, en aquest cas aquests contactors han de suportar la potència del motor i han de ser dimensionats per la mateixa. Així doncs triem els contactors de la sèrie "Sirius" 3RT1016-1AP01, aquest contactor ja és utilitzat com a contactor de potència, per tant es recomana veure l'apartat 3.2 per a més informació sobre aquest component ja que munta els mateixos complements. Cal assenyalar, però, que en aquest cas que s'usa com a contactor auxiliar, el bloc de contactes auxiliars s'usa per la lògica de control d'aquesta maniobra.

## 3.5 Elements de serveis:

### 3.5.1 Transformadors:

En aquest quadre elèctric hi ha necessitat de muntar 3 transformadors per obtenir tensions de 230 Volts a 50Hz, optem per muntar transformadors per obtenir la tensió de 230 Volts a 50Hz perquè es desconeix si es disposa de un neutre efectiu, a més, així s'obté una protecció galvànica entre diferents elements del quadre.

Cada transformador té una operació concreta, un serveix per donar tensió pel comandament de les bobines dels contactors i les lògiques de control, un altre per donar tensió als serveis del quadre com ara la ventilació, les lluminàries o les presses de corrent, i un tercer, per donar tensió de 230 Volts a 50Hz a l'alimentador "Sitop", per crear la tensió de 24 Volts de corrent continu.

Els transformadors triats són transformadors bipolars de la firma GTS de 5000VA de potencia per als dos primers i de 1500VA per l'últim esmentat, amb una tensió de primari de 400 Volts a 50Hz i de secundari de 230 Volts a 50Hz, aquests elements estan sobre dimensionats per assegurar que no s'escalfen massa, i que poden suportar tots els requisits que se'ls hi exigeixen. Es tracta de transformadors amb disposició a columna pel que fa als dos transformadors grans, pel que fa al transformador més petit, es de forma de mantell, amb una columna central on es munten els dos bobinats.

Tots els transformadors es munten a la part baixa del quadre prop dels filtres per assegurar que es refrigeren adequadament, a més, de que aquest elements, tenen un cert pes. Aquest transformadors disposen de una connexió de seguretat amb terminals fusibilitats que ens assegurin que els transformadors no es cremaran en cas de sobre càrrega i de que les proteccions aigües amunt o aigües avall no operés adequadament.

La potència dels transformadors ve donada pel nivell d'exigència que necessita per aquests elements, i que es pot xifrar aproximadament en uns 15 Ampers, pels transformadors dedicats al comandament i serveis, i de 6 Ampers pel transformador dedicat a l'alimentador, si es considera un coeficient de sobre dimensionament de 125% obtenim la potència aproximada de 4200VA, pels dos transformadors més grans, el càlcul d'aquesta potència es pot apreciar en l'equació 1.

$$15A \times 230 V = 3450VA \times 1.25 \approx 4200VA \quad (\text{Eq.1})$$

Amb aquesta potència aproximada de 4200VA prenem el transformador directament superior, que segons la gamma del fabricant és el de 5000VA. La referència comercial per aquest transformador és TM050002105.

En cas del transformador més petit l'exigència requerida és de 6 ampers, tot hi així, l'alimentador no arriba mai a sol·licitar 6A, però, el fabricant del mateix recomana una protecció de 6A aigües amunt de l'alimentador. Llavors en aquest cas no és necessari un sobre dimensionament. Tot observant el càlcul de la equació 2, vegem que aproximadament és necessari un transformador de 1400VA, llavors, escollim el transformador directament superior de la gamma, que resulta ser de 1500VA. La referència comercial per aquest transformador és TM015001113.

$$6A \times 230V \approx 1400VA \quad (\text{Eq.2})$$

Es pot apreciar l'aspecte dels transformadors en la figura 14.

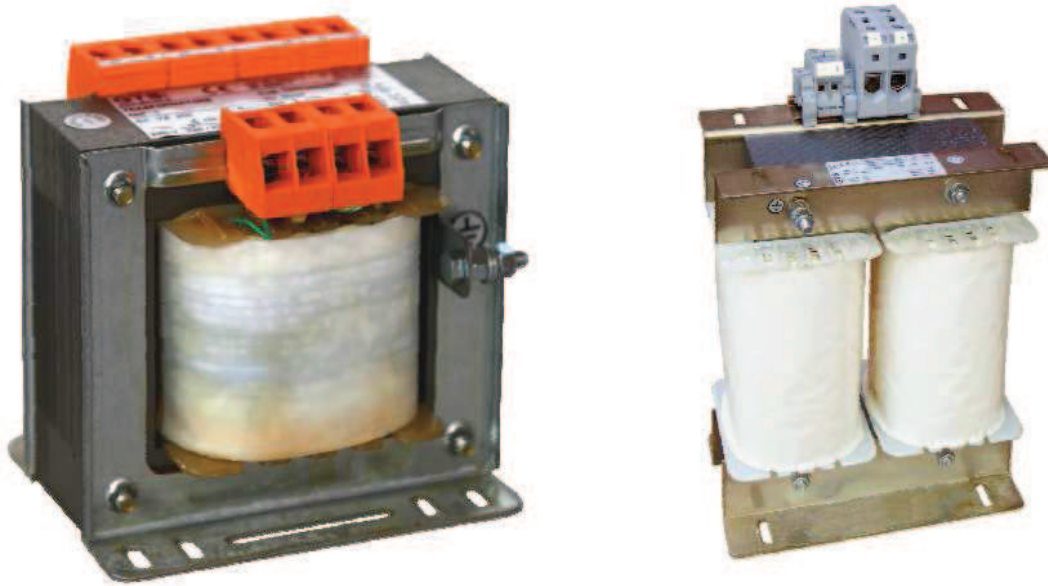


Figura14: D'esquerra a dreta, transformador GTS 1500VA i transformador GTS 5000VA

### 3.5.2 Alimentadors:

Com a alimentadors, s'usen alimentadors que proporcionen 24 Volts en corrent continu que poden oferir fins a 10 Ampers de corrent de sortida estabilitzats, amb una tensió d'entrada de 230 Volts a 50Hz. Són de la sèrie "Sitop" amb referència comercial 6EP1334-3BA00, aquest element requereix una protecció recomanada pel fabricant de 6A, tot i que té un consum de màxim de 280W. Disposa de testimonis leds per assenyalar el seu estat. Aquest alimentadors també disposen d'un sistema de refrigeració, a través d'obertures i un petit ventilador intern que dissipa el calor generat al seu interior, i que ens asseguren, la seva estabilitat i un funcionament continuat.

En el nostre cas ens servim de dos alimentadors d'aquest tipus per la creació de la tensió de 24 Volts de corrent continu. Un d'ells, proporciona aquesta tensió exclusivament per alimentar el PLC, i l'altre per donar la tensió requerida pels elements i complements dels convertidors de freqüència. Es pot apreciar l'aspecte de l'alimentador "Sitop" en la figura 15.





Figura 15: Aspecte de l'alimentador "Sitop".

### 3.5.3 Ventiladors:

Es disposen 6 ventiladors en total, aquests, van muntats en la part superior de les portes en cadascun dels 3 compartiments. Els ventiladors són tots iguals i tenen la referència comercial GHV30A2220P. Són de mesures 318mm. de llargada per 318mm. d'alçada i 163mm. de profunditat. Cada ventilador és capaç de mantenir un flux d'aire de 990m<sup>3</sup>/h i és alimentat a 230 Volts a 50/60 Hz.

Els ventiladors s'activen pel comandament de termòstats de la firma "Stego" amb referència comercial KT011, aquest tipus de termòstat, es pot ajustar en un cert nivell de temperatura per la seva activació. En el nostre cas, l'activació d'aquests elements i per tant dels ventiladors, és ajustat a 28 graus centígrads.

Els ventiladors extreuen aire calent del quadre elèctric, mentre que per obtenir aire fresc, es munten filtres a la part baixa de les portes, també dos unitats per porta, i de mesures 318mm. de llargada per 318mm. d'alçada. Els filtres són desmontables per poder canviar la fibra que filtra l'aire, i reté les impureses amb facilitat. Aquest filtres són també de la firma "Stego" i amb referència comercial GHF30.

### 3.5.4 Altres serveis:

En el quadre elèctric disposem d'altres serveis com ara les presses de corrent, aquestes estan concebudes en cas de que hi hagi necessitat de endollar algun aparell, com per exemple una làmpada portàtil o un PC portàtil, en cas de manteniment. Les

presses són del tipus DIN VDE 0620 amb presa de terra, aquestes estan dimensionades per corrents de fins a 16A, però en el nostre cas les limitem a 6A amb 300mA de corrent diferencial màxim. La seva referència comercial és 5TE6800, i es poden muntar sobre les guies normalitzades pel muntatge dels components.

Altres serveis són les lluminàries, que es munten. Aquestes estan associades a fins de cursa que detecten l'obertura de les portes, així doncs, quant una de les portes s'obre, la llum s'activa automàticament. Les llums són del tipus fluorescent, i són encaixades amb una protecció en plàstic. Són de la firma "Elfin" amb referència comercial 050PE13.

### 3.6 Elements del PLC i comandament

El PLC ha de controlar l'automatització a través del programa inserit en la CPU i que respon al sistema SCADA. El PLC és muntat en les guies normalitzades, formant un sol rack, on tots els mòduls estan costat a costat. En aquest cas, ens hem de servir tant de mòduls d'entrada com de sortida a més de la CPU i un mòdul de comunicació "Ethernet" que ens permetrà comunicar amb estacions remotes com poden ser ordinadors o el panell HMI, i/o en previsió d'aquests o altres elements.

El PLC triat és de la sèrie "Simatic" de Siemens en concret de la sèrie S7-300. Els PLC pertanyents a aquesta sèrie són molt performants gràcies a les funcions que porten integrades, són ampliables fàcilment i molt flexibles gràcies a la quantitat de mòduls existents, que s'adapten a tot tipus d'automatitzacions. Els mòduls d'aquesta sèrie són d'una mesura reduïda que permet fixar el PLC en espais força petits i no ocupar massa espai, a més, gràcies a la seva forma constructiva, els mòduls d'entrada i sortida, disposen de una porteta on s'accedeix directament als terminals per connectar els cables necessaris.

#### 3.6.1 Mòdul CPU:

Com a mòdul CPU s'usa la CPU315-2DP-PN amb referència comercial 6ES7315-2EG10-0AB0, disposa d'una ranura per acomodar una targeta de memòria MMC que és necessària per poder disposar de una memòria de dades extraïble, on també es pot carregar directament el programa en Step7. Aquestes targetes de memòria poden ser de fins a 8MB segons convingui, en el nostre cas triem la targeta MMC de 2MB, aquesta targeta té com a referència comercial 6ES7953-8LL11-0AA0.



La CPU315-2DP-PN disposa de una memòria de treball de 128KB i pot portar fins a 42,000 instruccions, disposa d'una memòria amb les instruccions per la seguretat ja inserides. Aquestes instruccions corresponen als blocs OB següents:

OB1: cicle lliure

OB10: alarma del rellotge intern

OB20: alarma de retard

OB35: alarma de temps

OB40: alarma de procés

OB80: error asíncron

OB100: bit de 1er escanejat

OB121,122: error síncron

La CPU315-2DP-PN, suporta fins a 2047 bytes de marca, més que suficients, ja que el programa de l'aplicació en té 1450 bytes, suporta fins a 2048 entrades i 2048 sortides, pot ser associada a 4 racks de PLC diversos amb 8 unitats cada rack, en el nostre cas només usem un rack amb 6 unitats.

Pel que fa a comunicació disposa de dos connexions per "Profibus", amb una velocitat màxima de transmissió de 12Mbit/s, i pot suportar fins a 124 esclaus en mode "Profibus", també disposa de una connexió MPI i es pot acoblar un mòdul "Ethernet" per una comunicació d'aquest tipus. En el nostre cas, acoblarem un mòdul "Ethernet" com a previsió en cas que es vulgui comunicar amb aquest tipus de comunicació amb el panell HMI o amb un PC o PG remot. Es pot apreciar l'aspecte de la CPU315-2DP-PN en la figura 16.



Figura 16: Aspecte de la CPU315-2DP-PN

### 3.6.2 Mòdul de comunicació ethernet:

En el rack PLC disposem un mòdul CP343-1 de comunicació per xarxa "Ethernet" en previsió que es vulgui disposar d'aquesta xarxa, eventualment es pot fer la comunicació amb el panell HMI amb aquest tipus de connexió a més de una comunicació amb qualsevol PC o PG remot. Aquest mòdul és de la sèrie "Simatic Net", és el mòdul CP343-1, i està concebut per comunicar amb els elements "Simatic S7-300" i la seva referència comercial és 6GK7343-1CX10-0XE0. Aquest mòdul té una velocitat de transmissió de dades de 10 a 100 Mbit/s i dos ports de comunicació, també disposa d'un port de comunicació per cable de xarxa tipus RJ45. El mòdul és alimentat a 24 Volts de corrent continu i té un absorbiment màxim de potència de 5,8 Watts.

### 3.6.3 Mòdul d'entrades digitals:

Hi ha la necessitat de disposar de mòduls d'entrades digitals SM321, aquest recolliran i captaran els senyals que són necessaris per la correcta execució del programa inserit en el PLC, i que respon al funcionament de l'automatització. Els senyals captats per aquests mòduls són principalment, disparaments de les principals proteccions, que no són portades a PLC a través de la comunicació "Profibus", a més de tots els senyals que ens arriben dels diferents sensors disposats en el llarg de la màquina. Tots aquest senyals són del tipus digital, és a dir, o tot o res, amb una tensió de 24 Volts de corrent continu, aquests tipus de mòdul consenten un rang de tensions lleugerament inferior i superior al nivell mitja especificat de 24 Volts en corrent continu. Concretament, es permet un rang desde 20,4 Volts a 28,8 Volts en corrent continu

Han estat escollits els mòduls de 32 entrades digitals, ja que són força compactes, i s'estalvia així, tant en espai com en economia. La referència comercial per aquests mòduls és 6ES7321-1BL00-0AA0. Els mòduls són alimentats a 24 Volts de corrent continu i tenen un absorbiment de potència de 6,5 Watts. Aquest mòduls disposen de testimonis led d'estat general i també de testimonis a cada entrada per verificar l'estat de la mateixa. En aquest cas es munten 3 mòduls d'aquest tipus en el rack.

### 3.6.4 Mòduls de sortides digitals:

Són necessaris el mòduls de sortides digitals SM322 per comandar les parades d'emergència de cadascuna de les etapes que conformen l'automatització, i també pel comandament de les lògiques de control d'arrencades estrella triangle i inversió de gir. Totes les sortides digitals comanden els anomenats relés de comandament que reben el senyal de 24 Volts a corrent continu a 0,5 Ampers. La referència comercial per aquest mòdul és 6ES7322-1BL00-0AA0.

Totes les senyals que surten d'aquest mòdul, són portades a relés de comandament de mesura reduïda que contenen 2 contactes de bescanvi polits on es pot acoblar qualsevol nivell de tensió no superior a 500 Volts. En el rack de PLC d'aquesta aplicació es munta 1 mòdul de 32 sortides digitals.

#### 3.6.5 Mòdul d'entrades analògiques:

En aquesta aplicació es necessari controlar els valors que prenen els pressòstats que llegeixen les pressions d'oli pel laminador, els calibradors 1 i 2, l'aigua de refredament del làser, el gas argó i el líquid de refrigeració de la serra. Aquest pressòstats seran connectats al mòdul SM331 en qüestió, per la tècnica de connexió a 2 fils. Així doncs, es disposa 1 mòdul de 8 entrades analògiques per controlar aquests valors. La referència comercial d'aquest mòdul és 6ES7331-7KF02-0AB0.

#### 3.6.6 Mòdul de sortides analògiques:

Es disposa un mòdul SM332 de sortides digitals que no s'usa i es deixa com a reserva en cas de que es vulgui disposar d'aquest tipus de sortida. Com per exemple, en cas de voler una indicació de la potència consumida per algun convertidor a través d'un element de mesura analògic adequat. La referència comercial d'aquest mòdul és 6ES7332-5HF00-0AB0.

#### 3.7 Rack de PLC:

Fent el compte dels mòduls necessaris obtenim un rack de PLC amb 7 mòduls a més de la CPU. El rack de PLC té l'ordre següent, primer la CPU, després el mòdul de comunicació, seguit dels mòduls de entrades digitals, el mòdul de sortides digitals, el mòdul de entrades analògic i finalment el mòdul de sortides analògiques.

Els mòduls són alimentats en grups, segons el seu tipus, es a dir, si son d'entrades o sortides, o bé, analògics o digitals. Tots els mòduls han d'anar muntats sobre d'un bus per PLC S7-300, que permet alimentar els diferents mòduls a través d'aquest mateix bus, i no ocupar més espai per el cablejat directe als diferents cap al mòdul. Aquest bus es munta en una guia per components Siemens. Pel que fa a la identificació dels mòduls, aquest són numerats amb l'ordre que tenen al rack, començant per –AC1 que es la CPU. En la figura 17 es pot apreciar en forma de diagrama el rack PLC muntat.

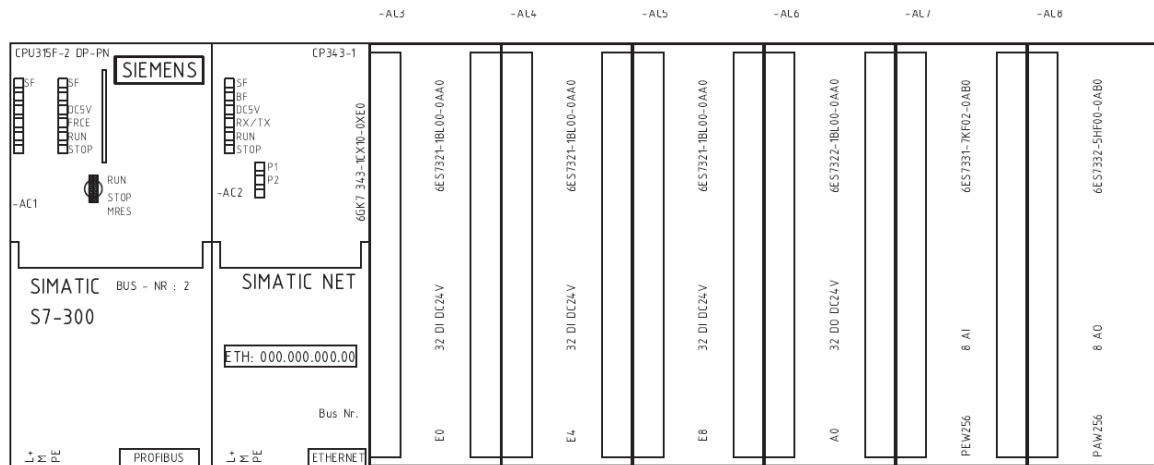


Figura 17: Diagrama del rack PLC.

### 3.8 Llistat de components a l'interior del quadre elèctric

Desde taula 1 fins a la taula 7 es pot apreciar el llistat de tots els components usats en el quadre elèctric i que són necessaris en aquesta automatització. En aquest llistat es pot relacionar la matricula del component en l'esquema en la primera columna, el constructor del component en la segona columna, la referència comercial del component en la tercera columna, la quantitat per la mateixa matricula en la quarta columna, i una petita descripció en la cinquena columna.

| IDEN. | CONSTR. | REF. COMERCIAL     | QT. | DESCRIPCIÓ                        |
|-------|---------|--------------------|-----|-----------------------------------|
| -AC1  | SIEMENS | 6ES7315-2FJ14-0AB0 | 1   | CPU 315F 2-DP-PN                  |
| -AC1  | SIEMENS | 6ES7390-1AF30-0AA0 | 1   | Guia per rack S7-300              |
| -AC1  | SIEMENS | 6ES7972-0BA60-0XA0 | 1   | connector S7-300                  |
| -AC1  | SIEMENS | 6ES7953-8LL20-0AA0 | 1   | Targeta de memòria mini (MMC) 2MB |
| -AC2  | SIEMENS | 6GK7343-1EX30-0XE0 | 1   | Mòdul CP 343-1 per ETHERNET       |
| -AC3  | SIEMENS | 6ES7321-1BL00-0AA0 | 1   | Mòdul d'entrades digitals         |
| -AC3  | SIEMENS | 6ES7392-1AM00-0AA0 | 1   | connectors mòduls S7-300          |
| -AC4  | SIEMENS | 6ES7321-1BL00-0AA0 | 1   | Mòdul d'entrades digitals         |
| -AC4  | SIEMENS | 6ES7392-1AM00-0AA0 | 1   | connectors mòduls S7-300          |
| -AC5  | SIEMENS | 6ES7321-1BL00-0AA0 | 1   | Mòdul d'entrades digitals         |
| -AC5  | SIEMENS | 6ES7392-1AM00-0AA0 | 1   | connectors mòduls S7-300          |
| -AC6  | SIEMENS | 6ES7322-1BL00-0AA0 | 1   | Mòdul de sortides digitals        |
| -AC6  | SIEMENS | 6ES7392-1AM00-0AA0 | 1   | connectors mòduls S7-300          |
| -AC7  | SIEMENS | 6ES7331-7KF02-0AB0 | 1   | Mòdul de entrades analògiques     |
| -AC7  | SIEMENS | 6ES7392-1AJ00-0AA0 | 1   | connectors mòduls S7-300          |
| -AC8  | SIEMENS | 6ES7332-5HF00-0AB0 | 1   | Mòdul de sortides analògiques     |
| -AC8  | SIEMENS | 6ES7392-1AM00-0AA0 | 1   | connectors mòduls S7-300          |

Taula 1: Llistat de components en el quadre 1.

| IDEN. | CONSTR. | REF. COMERCIAL     | QT. | DESCRIPCIÓ                            |
|-------|---------|--------------------|-----|---------------------------------------|
| -E1   | ELFIN   | 050PE13            | 1   | Làmpada fluorescent                   |
| -E2   | STULZ   | GHV30A2220P        | 2   | Ventilador per quadre elèctric        |
| -E2   | STULZ   | GHF30              | 2   | Filtre per ventilador quadre elèctric |
| -F1   | SIEMENS | 3NW7033            | 1   | Base porta fusibles 3 pols            |
| -F1   | SIEMENS | 3NW6002-1          | 3   | Fusible cilíndric 2A                  |
| -F3   | SIEMENS | 3UG4513-1BR20      | 1   | Relé de control de xarxa              |
| -G1   | SIEMENS | 6EP1334-3BA0       | 1   | Alimentador Sitop 24Vdc 10A           |
| -KA30 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA31 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA32 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA33 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA34 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA35 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA36 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA37 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA38 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA39 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA40 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA41 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA42 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA43 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA44 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -KA45 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC     |
| -Q1   | SIEMENS | 3VL3720-1EC46-0AA0 | 1   | Interruptor automàtic SENTRON 4 pols  |
| -Q1   | SIEMENS | 3VL9300-3HF05      | 1   | Lleva i accessoris per SENTRON VL250  |
| -Q2   | SIEMENS | 3RV1021-4CA15      | 1   | Interruptor automàtic Gr. S0          |
| -Q3   | SIEMENS | 5SY4202-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 2A       |
| -Q4   | SIEMENS | 5SY4216-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 16A      |
| -Q5   | SIEMENS | 3RV1421-4AA15      | 1   | Interruptor automàtic Gr. S0          |
| -Q6   | SIEMENS | 3RV1421-4AA15      | 1   | Interruptor automàtic Gr. S0          |
| -Q7   | SIEMENS | 3RV1421-1HA10      | 1   | Interruptor automàtic Gr. S0          |
| -Q7   | SIEMENS | 3RV1901-1F         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+1NC   |
| -Q8   | SIEMENS | 5SY4225-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 25A      |
| -Q8   | SIEMENS | 5ST3010            | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+1NC   |
| -Q9   | SIEMENS | 5SY4225-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 25A      |
| -Q9   | SIEMENS | 5ST3010            | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+1NC   |
| -Q10  | SIEMENS | 5SY4206-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 6A       |
| -Q10  | SIEMENS | 5ST3010            | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+1NC   |
| -Q11  | SIEMENS | 5SY4206-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 6A       |
| -Q12  | SIEMENS | 5SY4204-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 4A       |
| -Q13  | SIEMENS | 5SY4204-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 4A       |
| -Q13  | SIEMENS | 5ST3010            | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+1NC   |
| -Q14  | SIEMENS | 5SY4210-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 10A      |
| -Q14  | SIEMENS | 5ST3010            | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+1NC   |

Taula 2: Llistat de components en el quadre 2.

| IDEN. | CONSTR. | REF. COMERCIAL     | QT. | DESCRIPCIÓ                               |
|-------|---------|--------------------|-----|--|
| -Q15  | SIEMENS | 5SY4206-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 6A          |
| -Q15  | SIEMENS | 5SM2322-0          | 1   | Bloc per interruptor diferencial 300mA   |
| -Q16  | SIEMENS | 5SY4206-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 6A          |
| -Q50  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A           |
| -Q51  | SIEMENS | 5SY4104-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A           |
| -Q52  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 4A           |
| -Q53  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A           |
| -Q53  | SIEMENS | 5ST3010            | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+1NC      |
| -S1   | SIEMENS | 3SE5232-0HD03      | 1   | Fi de cursa per portes armari            |
| -S3   | STEGO   | KT011              | 1   | Termòstat                                |
| -T1   | GTS     | TM050002105        | 1   | Transformador 400/230V 5000VA            |
| -T2   | GTS     | TM050002105        | 1   | Transformador 400/230V 5000VA            |
| -T3   | GTS     | TM015001113        | 1   | Transformador 400/230V 1500VA            |
| -XS1  | SIEMENS | 5TE6800            | 1   | Presa de corrent                         |
| -E1   | ELFIN   | 050PE13            | 1   | Lampada fluorescent                      |
| -E2   | STULZ   | GHV30A2220P        | 2   | Ventilador per quadre elèctric           |
| -E2   | STULZ   | GHF30              | 2   | Filtre per ventilador quadre elèctric    |
| -G2   | SIEMENS | 6EP1334-3BA0       | 1   | Alimentador Sitop 24Vdc 10A              |
| -KA1  | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC        |
| -KA2  | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA3  | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA4  | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC        |
| -KA5  | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA6  | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA7  | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC        |
| -KA8  | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA9  | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KM1  | SIEMENS | 3RT1015-1AP01      | 1   | Contactador de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM1  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC                |
| -KM1  | SIEMENS | 3RH1911-1HA12      | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+2NC      |
| -KM2  | SIEMENS | 3RT1015-1AP01      | 1   | Contactador de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM2  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 2   | Filtre RC per 3RT1 230VAC                |
| -KM2  | SIEMENS | 3RH1911-1HA12      | 2   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+2NC      |
| -KM3  | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactador de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM3  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC                |
| -KM3  | SIEMENS | 3RH1911-1HA12      | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+2NC      |
| -KT1  | SIEMENS | 3RH1122-1AP00      | 1   | Contactador auxiliar 230VAC 2NO+2NC      |
| -KT1  | SIEMENS | 3RT1916-2DH21      | 1   | Bloc temporitzat a la desconexió         |
| -KT2  | SIEMENS | 3RH1122-1AP00      | 1   | Contactador auxiliar 230VAC 2NO+2NC      |
| -KT2  | SIEMENS | 3RT1916-2DH21      | 1   | Bloc temporitzat a la desconexió         |
| -KT3  | SIEMENS | 3RH1122-1AP00      | 1   | Contactador auxiliar 230VAC 2NO+2NC      |
| -KT3  | SIEMENS | 3RT1916-2DH21      | 1   | Bloc temporitzat a la desconexió         |
| -L1   | SIEMENS | 6SL3203-0CD21-0AA0 | 1   | Bobina d'entrada a PM340                 |
| -L2   | SIEMENS | 6SL3203-0CD21-0AA0 | 1   | Bobina d'entrada a PM340                 |
| -L3   | SIEMENS | 6SL3203-0CD21-4AA0 | 1   | Bobina d'entrada a PM340                 |

Taula 3: Llistat de components en el quadre 3.



| IDEN. | CONSTR. | REF. COMERCIAL     | QT. | DESCRIPCIÓ                             |
|-------|---------|--------------------|-----|--|
| -Q15  | SIEMENS | 5SY4206-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 6A        |
| -Q15  | SIEMENS | 5SM2322-0          | 1   | Bloc per interruptor diferencial 300mA |
| -Q20  | SIEMENS | 3KL5030-1EB01      | 1   | Seccionador tripolar                   |
| -Q20  | SIEMENS | 3NA3805            | 3   | Fusible ràpid NH000                    |
| -Q20  | SIEMENS | 3SB1400-0G         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 2NO        |
| -Q21  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A         |
| -Q22  | SIEMENS | 5SY4103-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 3A         |
| -Q23  | SIEMENS | 5SY4206-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 6A         |
| -Q24  | SIEMENS | 3KL5030-1EB01      | 1   | Seccionador tripolar                   |
| -Q24  | SIEMENS | 3NA3805            | 3   | Fusible ràpid NH000                    |
| -Q24  | SIEMENS | 3SB1400-0G         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 2NO        |
| -Q25  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A         |
| -Q26  | SIEMENS | 5SY4103-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 3A         |
| -Q27  | SIEMENS | 3KL5030-1EB01      | 1   | Seccionador tripolar                   |
| -Q27  | SIEMENS | 3NA3807            | 3   | Fusible ràpid NH000                    |
| -Q27  | SIEMENS | 3SB1400-0G         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 2NO        |
| -Q28  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A         |
| -Q29  | SIEMENS | 5SY4103-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 3A         |
| -S1   | SIEMENS | 3SE5232-0HD03      | 1   | Fi de cursa per portes armari          |
| -S3   | STEGO   | KT011              | 1   | Termòstat                              |
| -U10  | SIEMENS | 6SL3210-1SE16-0UA0 | 1   | Sinamics S120 Mòdul PM340              |
| -U10  | SIEMENS | 6SL3262-1AB00-0DA0 | 1   | Accessoris PM340 FSB connexió cables   |
| -U10  | SIEMENS | 6SL3040-0PA00-0AA1 | 1   | Sinamics S120 Adaptador per mòdul      |
| -U11  | SIEMENS | 6SL3040-1MA00-0AA0 | 1   | Sinamics S120 mòdul CU-320-2DP         |
| -U11  | SIEMENS | 6SL3054-0CF00-1AA0 | 1   | Sinamics S120 - Flash card             |
| -U11  | SIEMENS | 6FX8002-1AA01-1AE0 | 1   | Cable "Drive Cliq"                     |
| -U11  | SIEMENS | 6ES7972-0BA42-0XA0 | 1   | Connector per xarxa "Profibus"         |
| -U12  | SIEMENS | 6SL3055-0AA00-5CA2 | 1   | Sinamics S120 Mòdul SMC-30             |
| -U20  | SIEMENS | 6SL3210-1SE16-0UA0 | 1   | Sinamics S120 Mòdul PM340              |
| -U20  | SIEMENS | 6SL3262-1AB00-0DA0 | 1   | Accessoris PM340 FSB connexió cables   |
| -U20  | SIEMENS | 6SL3040-0PA00-0AA1 | 1   | Sinamics S120 Adaptador per mòdul      |
| -U21  | SIEMENS | 6SL3040-1MA00-0AA0 | 1   | Sinamics S120 mòdul CU-320-2DP         |
| -U21  | SIEMENS | 6SL3054-0CF00-1AA0 | 1   | Sinamics S120 - Flash card             |
| -U21  | SIEMENS | 6FX8002-1AA01-1AE0 | 1   | Cable "Drive Cliq"                     |
| -U21  | SIEMENS | 6ES7972-0BA42-0XA0 | 1   | Connector per xarxa "Profibus"         |
| -U23  | SIEMENS | 6SL3055-0AA00-5CA2 | 1   | Sinamics S120 Mòdul SMC-30             |
| -U30  | SIEMENS | 6SL3210-1SE21-0UA0 | 1   | Sinamics S120 Mòdul PM340              |
| -U30  | SIEMENS | 6SL3262-1AB00-0DA0 | 1   | Accessoris PM340 FSB connexió cables   |
| -U30  | SIEMENS | 6SL3040-0PA00-0AA1 | 1   | Sinamics S120 Adaptador per mòdul      |
| -U31  | SIEMENS | 6SL3040-1MA00-0AA0 | 1   | Sinamics S120 mòdul CU-320-2DP         |
| -U31  | SIEMENS | 6SL3054-0CF00-1AA0 | 1   | Sinamics S120 - Flash card             |
| -U31  | SIEMENS | 6FX8002-1AA01-1AE0 | 1   | Cable "Drive Cliq"                     |
| -U31  | SIEMENS | 6ES7972-0BA42-0XA0 | 1   | Connector per xarxa "Profibus"         |
| -U32  | SIEMENS | 6SL3055-0AA00-5CA2 | 1   | Sinamics S120 Mòdul SMC-30             |
| -XS1  | SIEMENS | 5TE6800            | 1   | Presa de corrent                       |
| -E1   | ELFIN   | 050PE13            | 1   | Lampada fluorescent                    |

Taula 4: Llistat de components en el quadre 4.

| IDEN. | CONSTR. | REF. COMERCIAL     | QT. | DESCRIPCIÓ                             |
|-------|---------|--------------------|-----|--|
| -E2   | STULZ   | GHV30A2220P        | 2   | Ventilador per quadre elèctric         |
| -E2   | STULZ   | GHF30              | 2   | Filtre per ventilador quadre elèctric  |
| -K71  | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -K71  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -K72  | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -K72  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -K81  | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -K81  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 3   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -K82  | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -K82  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -KA10 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC      |
| -KA11 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC           |
| -KA12 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC           |
| -KA13 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC      |
| -KA14 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC           |
| -KA15 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC           |
| -KA16 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC      |
| -KA17 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC      |
| -KA18 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC      |
| -KA19 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC      |
| -KM4  | SIEMENS | 3RT1015-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM4  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -KM4  | SIEMENS | 3RH1911-1HA12      | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+2NC    |
| -KM6  | SIEMENS | 3RT1015-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM6  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -KM6  | SIEMENS | 3RH1911-1HA12      | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+2NC    |
| -KM7  | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM7  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -KM8  | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM8  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -KM9  | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM9  | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -KM10 | SIEMENS | 3RT1016-1AP01      | 1   | Contactor de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM10 | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC              |
| -KT4  | SIEMENS | 3RH1122-1AP00      | 1   | Contactor auxiliar 230VAC 2NO+2NC      |
| -KT4  | SIEMENS | 3RT1916-2DH21      | 1   | Bloc temporitzat a la desconexió       |
| -KT6  | SIEMENS | 3RH1122-1AP00      | 1   | Contactor auxiliar 230VAC 2NO+2NC      |
| -KT6  | SIEMENS | 3RT1916-2DH21      | 1   | Bloc temporitzat a la desconexió       |
| -KT7  | SIEMENS | 3RP1574-1NQ30      | 1   | Relé temporitzar multi funció Y-D      |
| -KT8  | SIEMENS | 3RP1574-1NQ30      | 1   | Relé temporitzar multi funció Y-D      |
| -L4   | SIEMENS | 6SL3203-0CD21-4AA0 | 1   | Bobina d'entrada a PM340               |
| -L6   | SIEMENS | 6SE6400-3CC00-2AD3 | 1   | Bobina d'entrada a PM340               |
| -Q15  | SIEMENS | 5SY4206-7          | 1   | Interruptor automàtic 2 pols 6A        |
| -Q15  | SIEMENS | 5SM2322-0          | 1   | Bloc per interruptor diferencial 300mA |
| -Q30  | SIEMENS | 3KL5030-1EB01      | 1   | Seccionador tripolar                   |
| -Q30  | SIEMENS | 3NA3807            | 3   | Fusible ràpid NH000                    |

Taula 5: Llistat de components en el quadre 5.



| IDEN. | CONSTR. | REF. COMERCIAL     | QT. | DESCRIPCIÓ                               |
|-------|---------|--------------------|-----|--|
| -Q30  | SIEMENS | 3SB1400-0G         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 2NO          |
| -Q31  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A           |
| -Q32  | SIEMENS | 5SY4103-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 3A           |
| -Q33  | SIEMENS | 3KL5030-1EB01      | 1   | Seccionador tripolar                     |
| -Q33  | SIEMENS | 3NA3801            | 3   | Fusible ràpid NH000                      |
| -Q33  | SIEMENS | 3SB1400-0G         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 2NO          |
| -Q34  | SIEMENS | 5SY4103-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 3A           |
| -Q35  | SIEMENS | 3RV1011-1JA10      | 1   | INTERRUTTORE AUTOMATICO Gr. S00          |
| -Q35  | SIEMENS | 3RV1901-1F         | 1   | BLOCCHETTO CONTATTI AUSILIARI            |
| -Q36  | SIEMENS | 3RV1011-1JA10      | 1   | INTERRUTTORE AUTOMATICO Gr. S00          |
| -Q36  | SIEMENS | 3RV1901-1F         | 1   | BLOCCHETTO CONTATTI AUSILIARI            |
| -Q37  | SIEMENS | 3RV1011-1JA10      | 1   | INTERRUTTORE AUTOMATICO Gr. S00          |
| -Q37  | SIEMENS | 3RV1901-1F         | 1   | BLOCCHETTO CONTATTI AUSILIARI            |
| -S1   | SIEMENS | 3SE5232-0HD03      | 1   | FINECORSO PER PORTA ARMADIO              |
| -S3   | STEGO   | KT011              | 1   | TERMOSTATO                               |
| -U40  | SIEMENS | 6SL3210-1SE21-0UA0 | 1   | Sinamics S120 Mòdul PM340                |
| -U40  | SIEMENS | 6SL3262-1AB00-0DA0 | 1   | Accessoris PM340 FSB connexió cables     |
| -U40  | SIEMENS | 6SL3040-0PA00-0AA1 | 1   | Sinamics S120 Adaptador per mòdul        |
| -U41  | SIEMENS | 6SL3040-1MA00-0AA0 | 1   | Sinamics S120 mòdul CU-320-2DP           |
| -U41  | SIEMENS | 6SL3054-0CF00-1AA0 | 1   | Sinamics S120 - Flash card               |
| -U41  | SIEMENS | 6FX8002-1AA01-1AE0 | 1   | Cable "Drive Cliq"                       |
| -U41  | SIEMENS | 6ES7972-0BA42-0XA0 | 1   | Connector per xarxa "Profibus"           |
| -U42  | SIEMENS | 6SL3055-0AA00-5CA2 | 1   | Sinamics S120 Mòdul sensor SMC-30        |
| -U51  | SIEMENS | 6SL3040-1MA00-0AA0 | 1   | Sinamics S120 mòdul CU-320-2DP           |
| -U51  | SIEMENS | 6SL3054-0CF00-1AA0 | 1   | Sinamics S120 - Flash card               |
| -U51  | SIEMENS | 6FX8002-1AA01-1AE0 | 1   | Cable "Drive Cliq"                       |
| -U51  | SIEMENS | 6ES7972-0BA42-0XA0 | 1   | Connector per xarxa "Profibus"           |
| -U52  | SIEMENS | 6SL3055-0AA00-5CA2 | 1   | Sinamics S120 Mòdul sensor SMC-30        |
| -XS1  | SIEMENS | 5TE6800            | 1   | Presa de corrent                         |
| -KA20 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC        |
| -KA21 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA22 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA23 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC        |
| -KA24 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA25 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA26 | PHOENIX | PSR-SCF-/URM/2X21  | 1   | Relé de comandament 2NW 24V AC/DC        |
| -KA27 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 3   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KA28 | PHOENIX | PLCRSC2DC/21-21    | 1   | Relé de terminals 2NW 24V DC             |
| -KM11 | SIEMENS | 3RT1015-1AP01      | 1   | Contactador de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM11 | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC                |
| -KM11 | SIEMENS | 3RH1911-1HA12      | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+2NC      |
| -KM12 | SIEMENS | 3RT1015-1AP01      | 3   | Contactador de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM12 | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC                |
| -KM12 | SIEMENS | 3RH1911-1HA12      | 1   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+2NC      |
| -KM13 | SIEMENS | 3RT1015-1AP01      | 1   | Contactador de potència tripolar Gr. S00 |
| -KM13 | SIEMENS | 3RT1916-1CD00      | 1   | Filtre RC per 3RT1 230VAC                |
| -KM13 | SIEMENS | 3RH1911-1HA12      | 3   | Bloc de contactes auxiliars 1NO+2NC      |
| -KT11 | SIEMENS | 3RH1122-1AP00      | 1   | Contactador auxiliar 230VAC 2NO+2NC      |

Taula 6: Llistat de components en el quadre 6.

| IDEN. | CONSTR. | REF. COMERCIAL     | QT. | DESCRIPCIÓ                           |
|-------|---------|--------------------|-----|--------------------------------------|
| -KT11 | SIEMENS | 3RT1916-2DH21      | 1   | Bloc temporitzat a la desconexió     |
| -KT12 | SIEMENS | 3RH1122-1AP00      | 1   | Contactador auxiliar 230VAC 2NO+2NC  |
| -KT12 | SIEMENS | 3RT1916-2DH21      | 1   | Bloc temporitzat a la desconexió     |
| -KT13 | SIEMENS | 3RH1122-1AP00      | 1   | Contactador auxiliar 230VAC 2NO+2NC  |
| -KT13 | SIEMENS | 3RT1916-2DH21      | 1   | Bloc temporitzat a la desconexió     |
| -L11  | SIEMENS | 6SL3203-0CD21-0AA0 | 1   | Bobina d'entrada a PM340             |
| -L12  | SIEMENS | 6SL3203-0CD21-0AA0 | 1   | Bobina d'entrada a PM340             |
| -L13  | SIEMENS | 6SL3203-0CD21-0AA0 | 1   | Bobina d'entrada a PM340             |
| -Q38  | SIEMENS | 3KL5030-1EB01      | 1   | Seccionador tripolar                 |
| -Q38  | SIEMENS | 3NA3805            | 3   | Fusible ràpid NH000                  |
| -Q38  | SIEMENS | 3SB1400-0G         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 2NO      |
| -Q39  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A       |
| -Q40  | SIEMENS | 5SY4103-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 3A       |
| -Q41  | SIEMENS | 3KL5030-1EB01      | 1   | Seccionador tripolar                 |
| -Q41  | SIEMENS | 3NA3805            | 3   | Fusible ràpid NH000                  |
| -Q41  | SIEMENS | 3SB1400-0G         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 2NO      |
| -Q42  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A       |
| -Q43  | SIEMENS | 5SY4103-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 3A       |
| -Q44  | SIEMENS | 3KL5030-1EB01      | 1   | Seccionador tripolar                 |
| -Q44  | SIEMENS | 3NA3805            | 3   | Fusible ràpid NH000                  |
| -Q44  | SIEMENS | 3SB1400-0G         | 1   | Bloc de contactes auxiliars 2NO      |
| -Q45  | SIEMENS | 5SY4102-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 2A       |
| -Q46  | SIEMENS | 5SY4103-7          | 1   | Interruptor automàtic 1 pol 3A       |
| -U60  | SIEMENS | 6SL3210-1SE16-0UA0 | 1   | Sinamics S120 Mòdul PM340            |
| -U60  | SIEMENS | 6SL3262-1AB00-0DA0 | 1   | Accessoris PM340 FSB connexió cables |
| -U60  | SIEMENS | 6SL3040-0PA00-0AA1 | 1   | Sinamics S120 Adaptador per mòdul    |
| -U61  | SIEMENS | 6SL3040-1MA00-0AA0 | 1   | Sinamics S120 mòdul CU-320-2DP       |
| -U61  | SIEMENS | 6SL3054-0CF00-1AA0 | 1   | Sinamics S120 - Flash card           |
| -U61  | SIEMENS | 6FX8002-1AA01-1AE0 | 1   | Cable "Drive Cliq"                   |
| -U61  | SIEMENS | 6ES7972-0BA42-0XA0 | 1   | Connector per xarxa "Profibus"       |
| -U70  | SIEMENS | 6SL3210-1SE16-0UA0 | 1   | Sinamics S120 Mòdul PM340            |
| -U70  | SIEMENS | 6SL3262-1AB00-0DA0 | 1   | Accessoris PM340 FSB connexió cables |
| -U70  | SIEMENS | 6SL3040-0PA00-0AA1 | 1   | Sinamics S120 Adaptador per mòdul    |
| -U71  | SIEMENS | 6SL3040-1MA00-0AA0 | 1   | Sinamics S120 mòdul CU-320-2DP       |
| -U71  | SIEMENS | 6SL3054-0CF00-1AA0 | 1   | Sinamics S120 - Flash card           |
| -U71  | SIEMENS | 6FX8002-1AA01-1AE0 | 1   | Cable "Drive Cliq"                   |
| -U71  | SIEMENS | 6ES7972-0BA42-0XA0 | 1   | Connector per xarxa "Profibus"       |
| -U80  | SIEMENS | 6SL3210-1SE16-0UA0 | 1   | Sinamics S120 Mòdul PM340            |
| -U80  | SIEMENS | 6SL3262-1AB00-0DA0 | 1   | Accessoris PM340 FSB connexió cables |
| -U80  | SIEMENS | 6SL3040-0PA00-0AA1 | 1   | Sinamics S120 Adaptador per mòdul    |
| -U81  | SIEMENS | 6SL3040-1MA00-0AA0 | 1   | Sinamics S120 mòdul CU-320-2DP       |
| -U81  | SIEMENS | 6SL3054-0CF00-1AA0 | 1   | Sinamics S120 - Flash card           |
| -U81  | SIEMENS | 6FX8002-1AA01-1AE0 | 1   | Cable "Drive Cliq"                   |
| -U81  | SIEMENS | 6ES7972-0BA42-0XA0 | 1   | Connector per xarxa "Profibus"       |

Taula 7: Llistat de components en el quadre 7.

### 3.9 Elements utilitzats a peu de màquina:

Es necessari fer referència als elements utilitzats a peu de màquina o fora del quadre elèctric, que tots junts, conformen els activadors i sensors que s'utilitzen per al correcte funcionament de l'automatització, en aquest apartat es farà un breu resum dels elements que ens serveixen per aquest cas.

#### 3.9.1 Sensors utilitzats:

Es necessària la presència de sensors que detecten desde les posicions dels pistons dels capçals, a la posició de la cinta o el tub en diverses fases de l'automatització, així com l'obertura o tancament de les pinces que prenen el tub per la fase de polit intern i bufat, o també per detectar la posició de la serra o de la polidora pel polit extern. Sense oblidar els sensors que ens indiquen els nivells mínims i màxims dels dipòsits que contenen líquids.

Vegem doncs, cadascun d'aquest sensors segons del tipus que siguin. En la taula 8 i en la taula 9 es pot veure un llistat d'aquest detectors i verificar segons el seu identificador, a quin tipus pertanyen, el constructor, la seva referència comercial, i el tipus d'element que tenen que detectar.

| MATR. | TIPUS       | CONSTR. | REF. COMERCIAL   | DESCRIPCIÓ FUNCIO         |
|-------|-------------|---------|------------------|---------------------------|
| B1    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Cinta d'acer muntada      |
| B2    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Continuïtat cinta d'acer  |
| B3    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 1 superior |
| B4    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 1 inferior |
| B5    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 2 superior |
| B6    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 2 inferior |
| B7    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Continuïtat cinta d'acer  |
| B8    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 3 superior |
| B9    | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 3 inferior |
| B10   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 4 superior |
| B11   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 4 inferior |
| B12   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 5 superior |
| B13   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 5 inferior |
| B14   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 6 superior |
| B15   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 6 inferior |
| B16   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 7 superior |
| B17   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 7 inferior |
| B18   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 8 superior |
| B19   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 8 inferior |
| B20   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Continuïtat cinta d'acer  |
| B21   | S. Inductiu | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 9 superior |

Taula 8: Sensors utilitzats en l'automatització 1.

| MATR. | TIPUS          | CONSTR. | REF. COMERCIAL   | DESCRIPCIÓ FUNCIO                |
|-------|----------------|---------|------------------|----------------------------------|
| B22   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 9 inferior        |
| B23   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 10 superior       |
| B24   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 10 inferior       |
| B25   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 11 superior       |
| B26   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 11 inferior       |
| B27   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 12 superior       |
| B28   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 12 inferior       |
| B29   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 13 superior       |
| B30   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 13 inferior       |
| B31   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 14 superior       |
| B32   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició capçal 14 inferior       |
| B33   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Continuïtat cinta d'acer         |
| B34   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició laser superior           |
| B35   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició laser inferior           |
| B36   | S. Ultrasònic  | SCH.    | XX512A2PAM8      | Soldadura ok                     |
| B37   | S. Capacitatiu | P&F     | CBN15-30GK60-E2  | Nivell màxim refrigerant laser   |
| B38   | S. Capacitatiu | P&F     | CBN15-30GK60-E2  | Nivell mínim refrigerant laser   |
| B39   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Continuïtat cinta d'acer         |
| B40   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició polidora superior        |
| B41   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició polidora inferior        |
| B42   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Tub d'acer al punt de tall       |
| B43   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició serra superior           |
| B44   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició serra inferior           |
| B45   | S. Capacitatiu | P&F     | CBN15-30GK60-E2  | Nivell màxim refrigerant serra   |
| B46   | S. Capacitatiu | P&F     | CBN15-30GK60-E2  | Nivell mínim refrigerant serra   |
| B47   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posicionament tub polit extrem A |
| B48   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Pinça tub polit extrem A tancada |
| B49   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Pinça tub polit extrem A oberta  |
| B50   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posicionament polit tub extrem B |
| B51   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Pinça tub polit extrem B tancada |
| B52   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Pinça tub polit extrem B oberta  |
| B53   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Llança posició endarrerida       |
| B54   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Llança posició avançada          |
| B55   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posicionament bufador extrem A   |
| B56   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Pinça bufador extrem A tancada   |
| B57   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Pinça bufador extrem A oberta    |
| B58   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posicionament bufador extrem B   |
| B59   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Pinça bufador extrem B tancada   |
| B60   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Pinça bufador extrem B oberta    |
| B61   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició boca bufador enrederida  |
| B62   | S. Inductiu    | SICK    | IME-18-08BPSZW2S | Posició boca bufador avançada    |

Taula 9: Sensors utilitzats en l'automatització 2.

Com a sensor inductiu, s'utilitzen sensors de la firma "Silk" amb referència comercial "IME-18-08BPSZW2S". Aquests sensors detecten materials metàl·lics ferrosos, en el nostre cas aquest detectors s'usen per detectar la cinta o tub a més de la posició dels pistons dels capçals de conformació de la cinta, del pistó que controla l'alçament de la serra i del pistó que controla l'alçament de la polidora. També són d'aquest tipus aquells detectors que verifiquen si les pinces que prenen el tub en l'etapa de polit i bufat són obertes o tancades i la posició de la boca de bufat i de la llança. Per últim, aquest també controlen la posició màxima i mínima del capçal làser.

Aquest tipus de sensors inductius, detecten la presència per un rang de 0 a 8 mil·límetres i proporcionen un senyal de 24 Volts de corrent continu de 200mA, i són fabricats en llautó amb un bany de níquel que garanteix la seva durabilitat, i tenen una dimensió de roscat M18.

Com a sensors capacitius, s'usen sensors de la firma "Pepper & Flucks" amb referència comercial "CBN15-30GK60-E2". Aquests sensors són utilitzats per detectar els nivells mínims i màxims dels dipòsits que contenen l'aigua de refredament del làser i del líquid de refrigeració de la serra.

Aquest tipus de sensors inductius, detecten la presència per un rang de 0 a 15 mil·límetres i proporcionen un senyal de 24 Volts de corrent continu de 200mA, i són fabricats en plàstic rígid, que garanteix la seva durabilitat a l'exposició de líquids, i tenen una dimensió de roscat M30.

Com a sensor ultrasònic s'utilitza un sensor de la firma "Telemecanique" amb referència comercial "XX512A2PAM8", aquest sensor en serveix per comprovar que la soldadura feta pel làser sigui òptima, assegurant així la qualitat del tub fabricat.

Aquest sensor detecta la presència del cordó de soldadura a través del rebot del senyal d'ultrasò que emet, aquest té un rang de detecció de 0.06 a 2.4 mil·límetres, ens dona un senyal de 24 Volts de corrent continu a 100mA, està fabricat en plàstic, té una grandària de rosca M12. Va muntat en el capçal làser per assegurar que la seva posició és correcta respecte al cordó de soldadura.

### 3.9.2 Motors utilitzats:

Com a motors utilitzats en aquesta automatització ens servim de motors trifàsics de 230/400 Volts de la gama de motors "1FK7-Compact" de "Siemens", pel que fa als motors compresos entre 0.36 i 1.5 KW. Aquest motors són del tipus asíncrons que ofereixen un ampla gamma de potències. Aquest motors poden muntar o no encoders i

caixes reductores, i donar així una gran flexibilitat. En el nostre cas es trien motors amb encoders incorporats. Aquests motors disposen de refrigeració forçada i disposen d'una excitació d'imants permanents.

En canvi pels motors de 2.2KW es fan servir els motors trifàsics de 230/400 Volts de "Siemens" en concret, fem servir el motor amb referència comercial "1LE1001-0EA42-2AB4". Aquest és un motor d'inducció que arriba fins a 2900 revolucions per minut. Aquests motors disposen de muntants amb fixatges anti-vibració i disposen de ventilació forçada.

En la taula 10 es pot relacionar la matrícula de cada motor amb la seva potència, referència comercial i amb la descripció de la seva funció. I en la figura 18 es poden apreciar els motors utilitzats en aquesta automatització.

| MATR. | POTÈNCIA (W) | REF. COMERCIAL       | DESCRIPCIÓ FUNCIO      |
|-------|--------------|----------------------|------------------------|
| M1    | 1500         | 1FK7080-5AH71-1AU3-Z | Motor descordador      |
| M2    | 750          | 1FK7042-5AK71-1AU3-Z | Motor laminador C.1    |
| M3    | 750          | 1FK7042-5AK71-1AU3-Z | Motor laminador C.2    |
| M4    | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 1 C.1 |
| M5    | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 1 C.2 |
| M6    | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 1 C.3 |
| M7    | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 1 C.4 |
| M8    | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 1 C.5 |
| M9    | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 1 C.6 |
| M10   | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 2 C.1 |
| M11   | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 2 C.2 |
| M12   | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 2 C.3 |
| M13   | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 2 C.4 |
| M14   | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 2 C.5 |
| M15   | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor calibrador 2 C.6 |
| M16   | 1500         | 1FK7080-5AH71-1AU3-Z | Motobomba calibrador 2 |
| M17   | 360          | 1FK7032-5AK71-1AU3-Z | Motor posició làser    |
| M18   | 2200         | IME-18-08BPSZW2S     | Motor polidora         |
| M19   | 2200         | IME-18-08BPSZW2S     | Motor serra            |
| M20   | 750          | 1FK7042-5AK71-1AU3-Z | Motor llança           |
| M21   | 1500         | 1FK7080-5AH71-1AU3-Z | Motobomba laminador    |
| M22   | 1500         | 1FK7080-5AH71-1AU3-Z | Motobomba calibrador 1 |

Taula 10: Relació de motors usats en l'automatització



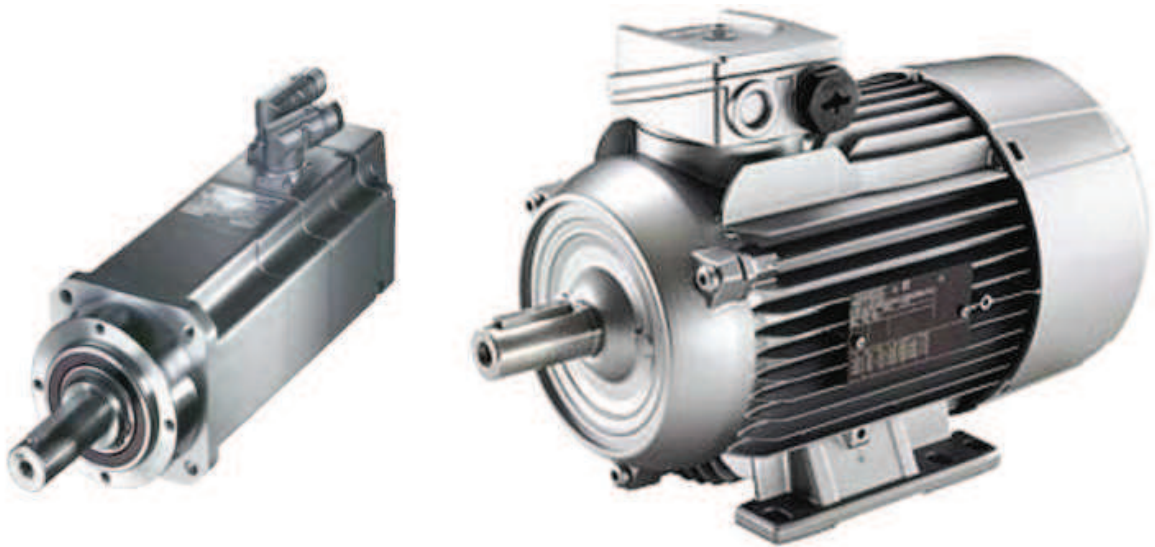


Figura 18: D'esquerra a dreta, motor de la sèrie "1FK7-Compact" i motor 1LE1001-0EA42-2AB4.

### 3.9.3 Estació làser:

Per la soldadura dels dos costats de la cinta, per conformar degudament el tub, ens servim d'una estació de soldadura làser, aquesta estació disposa de un quadre elèctric separat i únicament subordinat al funcionament del làser, en el nostre cas, donem i rebem alguns senyals desde aquest quadre elèctric a través de la xarxa "Profibus". Alguns senyals d'alta importància, com ara, la fallada de l'estació làser o les fallades per falta d'aigua de refrigeració o gas argó, són portats al nostre PLC per a la correcta comunicació, i per obtenir un grau superior de seguretat entre aquest element i la resta de l'automatització.

L'estació làser usada és de la firma "DPS" i és anomenada soldador làser de capçal orientable. Aquesta estació làser és connectada a una alimentació de 400 Volts trifàsica i té un consum aproximat de 18KW. El feix de làser té una potència de 600W i una energia màxima de l'impuls de 300 Joules, aquesta potència és suficient per fer una soldadura que arriba a 4 mil·límetres de profunditat, suficient per a aquesta aplicació.

Cal dir que l'estació làser necessita un tanc amb 20 litres d'aigua per la refrigeració del capçal, i un tanc de gas argó. És la mateixa estació làser que gestiona la quantitat d'aigua, la converteix en aigua ionitzada i la retorna al tanc. També gestiona la quantitat de gas argó. De totes maneres, i per assegurar que no manca cap d'aquest elements, existeixen dos pressòstats per l'anada i retorn de l'aigua, i un pressòstat per l'arribada del gas argó per verificar desde el PLC, que hi ha aigua i gas argó suficient, i parar la màquina en cas que sigui convenient.



El capçal làser es mou gràcies a un motor que és controlat desde el PLC i assegura el correcte posicionament en alçada respecte el tub, això proporciona una soldadura òptima depenent del calibre que es desitja fabricar, aquest motor és controlat per un encoder amb connexió "Drive-Cliq" cap a un mòdul de control CU320-2DP. Aquest, connecta, sempre amb aquest tipus de connexió, amb un lector de protocol "Drive-cliq" que ordena al motor moure's amunt o avall segons convingui. Es pot apreciar l'aspecte de l'estació làser en la figura 19.



Figura 19: Aspecte de l'estació làser.

## 4 AUTOMATITZACIÓ

En aquest capítol s'explicarà el concepte de funcionament de l'automatització, Primer es defineixen quins són els avantatges que comporta aplicar aquesta automatització. Seguidament es veuran com són i quin sentit segueixen les lògiques de funcionament dels diferents elements. Després s'explicarà com s'ha programat i darrerament com es l'aplicació SCADA

### 4.1 Justificació de l'automatització.

En aquest apartat veurem quins són els avantatges de aplicar aquesta automatització, veiem punt per punt on podem trobar beneficis per justificar el fet d'automatitzar aquest procés.

#### 4.1.1 Energies

L'automatització té un consum aproximat 40KW, aquest automatsme pot funcionar en tot moment amb la sola supervisió d'un operari qualificat, així doncs és apte per funcionar també en horari nocturn, amb els avantatges sobre la tarifa reduïda que comporta. El fet d'usar la soldadura de tipus làser, fa que s'optimitzi l'energia usada per la soldadura. Com a conseqüència de l'ús de convertidors de freqüència de la sèrie "Sinamics S120" de Siemens, es redueix el consum elèctric fins a l'estrictament necessari per la conducció dels motors, a més, com s'ha especificat en l'apartat 3.2.2., aquest convertidors disposen de nombroses solucions d'estalvi de energia com l'eliminació del consum de reactiva o l'acumulament d'energia en cas de parada per a una futura arrencada.

Tots els elements són dimensionats per a un òptim funcionament amb consums reduïts. A més, el consum és sempre constant i es pot preveure el cost econòmic del funcionament.

#### 4.1.2 Matèries primeres i consumibles:

Pel que fa a la matèria prima usada, en el cas de la cinta d'acer o d'un altre material, no es dejecta gens de matèria, ja que obtindrem tanta quantitat de producte final com d'aquesta matèria prima usada.

En cas dels líquids refrigerants per la serra són recuperats, decantats i filtrats per eliminar les serradures per tal de poder reutilitzar el líquid posteriorment. L'única pèrdua de matèria consumible que es produeix en l'automatsme, és el gas argó que acaba per dispersar-se, tot hi així el làser actua dins d'una cobertura dissenyada tant per protegir a

l'operari com per mantenir el màxim temps possible l'atmosfera de gas argó dins la mateixa. També s'ha de considerar l'aire comprimit que s'usa per l'accionament dels actuadors pneumàtics, que també acaba per dispersar-se en l'ambient.

Es poden considerar com a matèries consumibles l'aigua per el refredament del capçal làser i l'oli usat per el circuit hidràulic per l'etapa de laminador, calibrador 1 i calibrador 2. En tots dos casos, cap d'aquestes dues matèries es perd ja que actuen dins d'un circuit tancat. Tot i així venen considerades com a matèries consumibles, ja que de tant en quant els circuits s'han de purgar i en tot cas s'ha de adjuntar més aigua o oli a cadascun dels respectius circuits.

#### 4.1.3 Mà d'obra.

La mà d'obra requerida per aquesta aplicació es redueix a una sola persona qualificada per al control i l'ajustament de la màquina abans de començar a fabricar. En el cas de l'ajustatge, l'operari ha de imposar els paràmetres a través de la interfase home-màquina, en aquest cas el panell tàctil HMI gràcies al sistema SCADA. Tanmateix l'operari ha d'actuar en cas de que s'acabi la cinta d'acer en l'etapa del descordador, i en cas enretirar l'acumulació de tubs acabats en la bancada de recollida.

Pel que fa al control, l'operari només ha de supervisar el correcte funcionament de l'automatització, i actuar en cas de que es produeixi una parada d'emergència, pel motiu que sigui, i procedir a sol·lucionar el defecte en cas de que aquest es produeixi. Per aquest motiu, es requereix que sigui una persona qualificada l'encarregada de gestionar l'automatització.

El fet de tenir només a un operari per la verificació, control i ajustatge del procés, fa que disminueixi el risc d'accidents per a un procés similar amb mètodes manuals o semiautomàtics.

#### 4.1.4 Ajustatge

A l'inici de la producció, abans de començar a fabricar, sigui de 1 sol cicle o de cicle continu, l'autòmat demana de fer l'ajustament. En aquest moment l'operari ha d'inserir les característiques que desitja per la fabricació del tub a través del panell tàctil HMI gràcies a l'aplicació SCADA. Ha d'inserir el calibre del tub a fabricar, la llargada del tub, i si es troba en posició de cicle automàtic, ha d'inserir la quantitat de tubs que vol fabricar. En cas que es fabriqués un determinat calibre de tub, s'ha de muntar la cinta adapta a aquell calibre en el descordador.

#### 4.1.5 Producció

Pel que fa a la producció, la màquina utilitza una velocitat constant de 0.15m/s de tub, determinada per la capacitat de soldadura del capçal làser, per realitzar una soldadura de alta qualitat. La quantitat de tubs produïda depèn exclusivament de la llargada necessària del tub. La llargada màxima que poden prendre els tubs, es de 5 metres.

#### 4.1.6 Innovació

Com a mètode per la fabricació de tubs, aquesta automatització permet la producció de tubs de manera autònoma, per tant, és un avenç força innovador en aquest tipus de sector en la indústria. També es pot personalitzar la llargada del tub per a atendre a especificacions molt concretes per part de clients. A més, al utilitzar la soldadura làser, s'innova en la forma de produir el tub com a producte en si mateix, gràcies a un cordó de soldadura gairebé inapreciable.

El fet de poder visualitzar el procés i poder fer l'ajustatge del mateix a través d'un panell tàctil HMI, o inclús amb un PC/PG remot i un sistema SCADA, que respon a programa inserit al PLC, és un pas endavant cap a una fabricació més innovadora com a control i desenvolupament.

#### 4.1.7 Qualitat

Aquesta automatització és present en totes les fases de la fabricació del tub, de manera que assegura que el tub sigui produït d'una única manera, i que tots els tubs tinguin, exactament les mateixes propietats. Per tant, tots els tubs que surten de la màquina són idèntics. El fet d'usar la soldadura làser ens assegura que el cordó de soldadura serà el més perfecte possible en comparació a altres mètodes de soldadura, i amb un marge d'error molt limitat. A més, en aquesta automatització, es disposa de polit extern i intern que assegura que el tub serà lliure de rebaves, impureses i inclús de deformacions, ja que la llança les eliminaria. L'únic aspecte a controlar és la matèria prima que s'utilitza. En aquest cas, la cinta de material.

#### 4.2 Funcionament:

Per entendre per complet el funcionament dels convertidors de freqüència i de les arrencades estrella triangle i d'inversió de gir és necessari exposar i explicar les lògiques de funcionament que actuen en aquests sistemes de manera elèctrica i a nivell de

senyals, així doncs, vegem com es comporten cadascuna d'aquestes lògiques de funcionament.

#### 4.2.1 Lògica de funcionament dels convertidors de freqüència:

Tots els convertidors de freqüència d'aquesta automatització responen al mateix principi de funcionament, i per tant, a la mateixa lògica de control. Un grup de convertidors de freqüència format per quatre unitats són associats al moviment de la cinta per la seva conformació. Altres tres unitats de convertidors de freqüència, es dediquen a donar la pressió adequada per mantenir la posició dels capçals per conformar la cinta en forma de tub. S'usen set convertidors de freqüència "Sinamics S120" en aquesta aplicació, es pot consultar els detalls d'aquest element en l'apartat 3.3.2.

Els convertidors de freqüència que donen la pressió adequada al circuit hidràulic d'oli per mantenir la posició dels capçals, són controlats segons la comparació de la pressió imposada pel PLC segons l'ajustament imposat per l'usuari pel tub a fabricar, i la pressió llegida pels respectius pressòstats dels circuits hidràulics.

Els convertidors de freqüència dedicats a moure la cinta a través dels capçals, estan relacionats entre ells a través de una xarxa mestre-esclau que es controla gràcies als mòduls sensors SMC-30, que són connectats entre si, per la connexió "Drive-cliq". Es comuniquen per mantenir el valor de velocitat estable entre el mestre i els esclaus. El convertidor de freqüència que actua com a mestre, és el convertidor del calibrador 2, perquè és el que comanda els últims motors de la sèrie de capçals que conformen la cinta. Aquest comanda els convertidors de freqüència del descordador, laminador, calibrador 1 i calibrador 2.

Els convertidors de freqüència utilitzats disposen ja de una lògica interna de funcionament, però han de ser comandats per senyals que capta el mòdul de control CU320-2DP, i que són transmesos al mòdul de potència PM340. Aquest senyals venen produïts per alguns contactors auxiliars, vegem doncs com funciona aquesta part. En la figura 20 podem veure un petit esquema on es mostra només la part lògica de hardware per un dels convertidors.

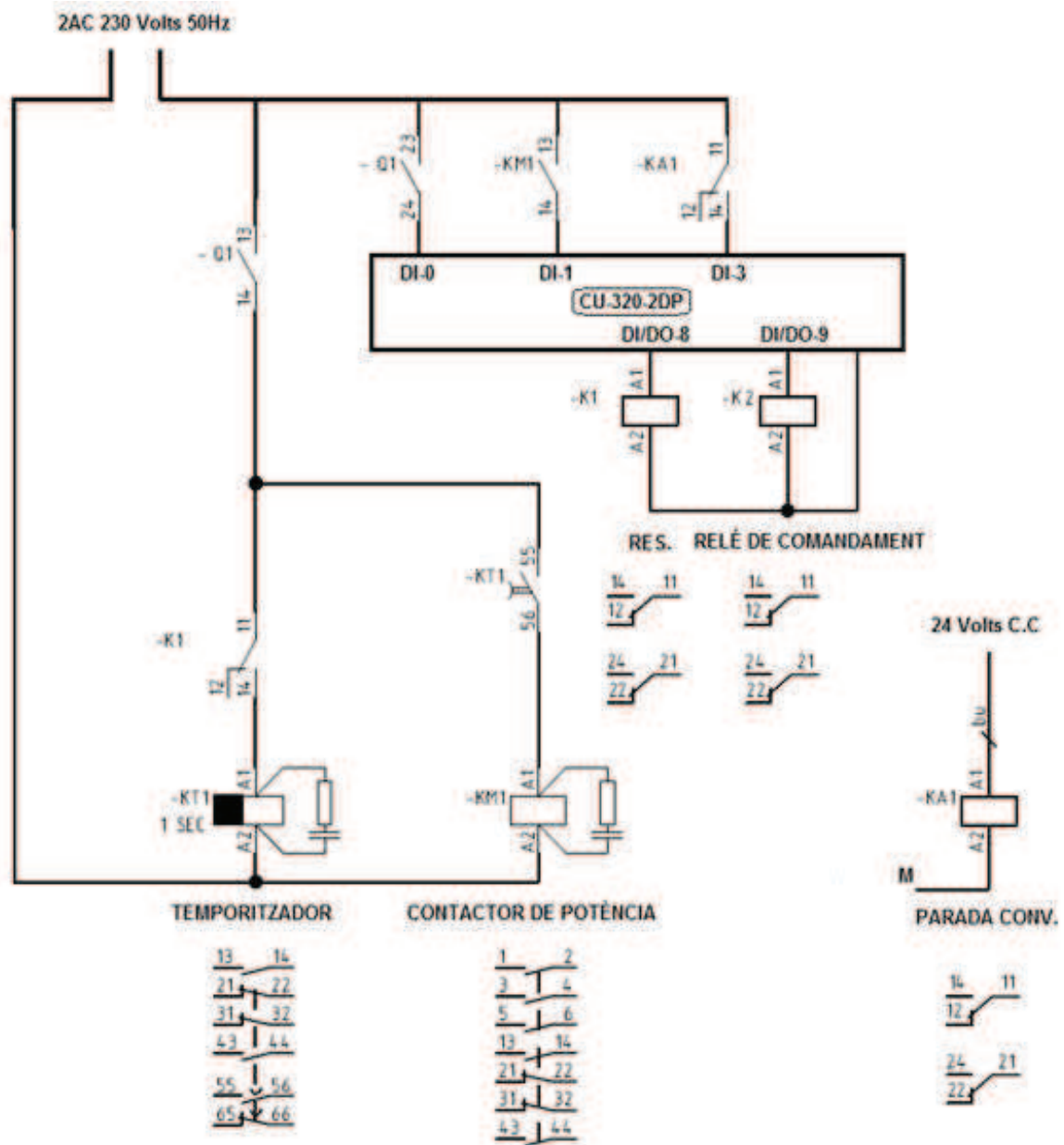


Figura 20: Esquema de lògica de control d'un dels convertidors de freqüència

Quan el convertidor de freqüència rep l'ordre d'activar-se i començar a funcionar, a través de la xarxa "Profibus" al mòdul de control CU320-2DP, aquest mateix element, s'assegura que el seccionador de línia "-Q1" està tancat per tant en posició de treball, a través de l'entrada digital "DI-0". Llavors dona l'ordre, a través de la sortida digital "DO-9", al relé de comandament "-KA1" que tanca el circuit per activar "KT1", que és un relé temporitzat a la desconexió, tanca immediatament el contacte per activar "-KM1" que és el contactor de potència. Un dels contactes de "-KM1" senyala la posició activa al mòdul

de control CU320-2DP, a través de l'entrada digital "DI-1" que activa al convertidor i comença a operar.

En el cas de la parada prevista, comandada per PLC, a través de la xarxa "Profibus", "-K1" s'obre per ordre de la CU320-2DP i treu tensió a "-KT1" i ordena al mòdul de potència d'aturar-se. "-KT1" retarda per 1 segon l'obertura del contacte que comanda el contactor de potència "-KM1" per a la seva desconexió. Aquest petit temps entre l'ordre de desconexió de la "CU320-2DP" i la desactivació del contactor "-KM1", és necessari pel correcte funcionament del mòdul de potència, i està sol·licitat per el fabricant. El motiu d'aquesta acció és que es preveu aquesta eventualitat pel retard que es pot produir en la comunicació del mòdul de control i el mòdul de potència a través de la connexió "Drive-Cliq".

En cas d'una parada imprevista per causa de l'obertura del seccionador de línia "-Q1", la CU320 llegeix el problema, a través de l'entrada digital associada "DI-0" i actua conseqüentment, donant ordre de parada al mòdul de potència.

Pot donar-se el cas, de que es produeixi una parada d'emergència sol·licitada per l'operari, o per ordre del programa perquè s'ha evidenciat un defecte, i s'ha entrat en l'estat de emergència. En aquest cas, el PLC dona ordre directe al relé auxiliar de parada d'emergència del convertidor que la CU320-2DP llegeix a través de l'entrada digital "DI-3" i fa caure "-K1", per un costat. Per l'altre costat, un segon contacte talla la línia "EP +24V", del mòdul de potència, concebuda per aquesta eventualitat, i aquest fa aturar el motor de cop. El mòdul de potència conté certs mecanismes interns per aturar el motor bruscament i no deixar que aquest continuï girant per inèrcia, així doncs s'assegura una parada d'emergència segura i completa.

Es deixa el relé auxiliar "-K2" associat a la sortida digital "DO-8" com a reserva, en cas de necessitat de altres contactes per a maniobres complementaries associades al convertidor de freqüència.

#### 4.2.2 Lògica de funcionament de les arrencades estrella triangle

En el cas de la serra i de la polidora que es dedica al polit extern, els motors associats a aquest dos elements, són accionats per una maniobra clàssica de estrella triangle. Aquesta maniobra, és molt coneguda, i es pot realitzar mitjançant diverses tècniques, tot i així, mereix una explicació concreta de com funciona per aquest cas. En la figura 21 podem veure un petit esquema on es mostra la part de maniobra d'aquest tipus d'arracada en el nostre cas.



Sempre que “-Q8” estigui tancat i per tant en posició de treball, i si es dona la ordre de comandament desde el PLC per l'activació d'aquesta arracada, el relé de comandament “-KA8”, es tanca i dona corrent al contactor estrella “-KY” a través del contacte normalment tancat (NC) del relé temporitzat “-KT8”. També es dona corrent al relé “-KT8” que inicia el seu compteig per al canvi a triangle, que es produirà al cap de 2 segons en el nostre cas, aquest valor es pot ajustar.

Un cop “-KY” es tanca, i per tant, es troba en posició de treball, dona tensió a al contactor de línia “-KL” que comença a fer girar el motor en posició estrella. A més, un cop “-KL” és actiu, un dels seus contactes, produeix l'enclavament per mantenir-se en posició de treball, un cop “-KY” deixi de ser actiu, en el moment del canvi a triangle. Així dons, quan ha passat el temps determinat per “-KT8”, que com s'ha indicat serà al cap de 4 segons de l'activació estrella del motor, el “-KT8” canviarà de posició i desactivarà el contactor estrella “-KY” per activar immediatament el contactor triangle “-KD”. Així el motor passa a connexió triangle i treballa a més revolucions, amb un consum de línia més baix.

Es produirà la parada del motor, quan la sortida digital del PLC associada al relé de comandament “-KA8” passi a estat baix, es a dir 0. Llavors, el relé auxiliar s'obrirà, i obrirà la línia i farà que també el contactor de línia “-KL” passi a estat baix, s'obri i deixi d'alimentar al motor.

També es produirà una parada en cas de que “-Q8” caigui a causa de algun fet imprevist per assegurar la seguretat. En cas de produir-se una parada d'emergència, el PLC farà desactivar “-KA8” i per tant el motor es parará. Pot ser que aquest conservi inèrcia, però aquesta, desapareixerà de seguida, a causa de l'elevat fregament amb el tub.

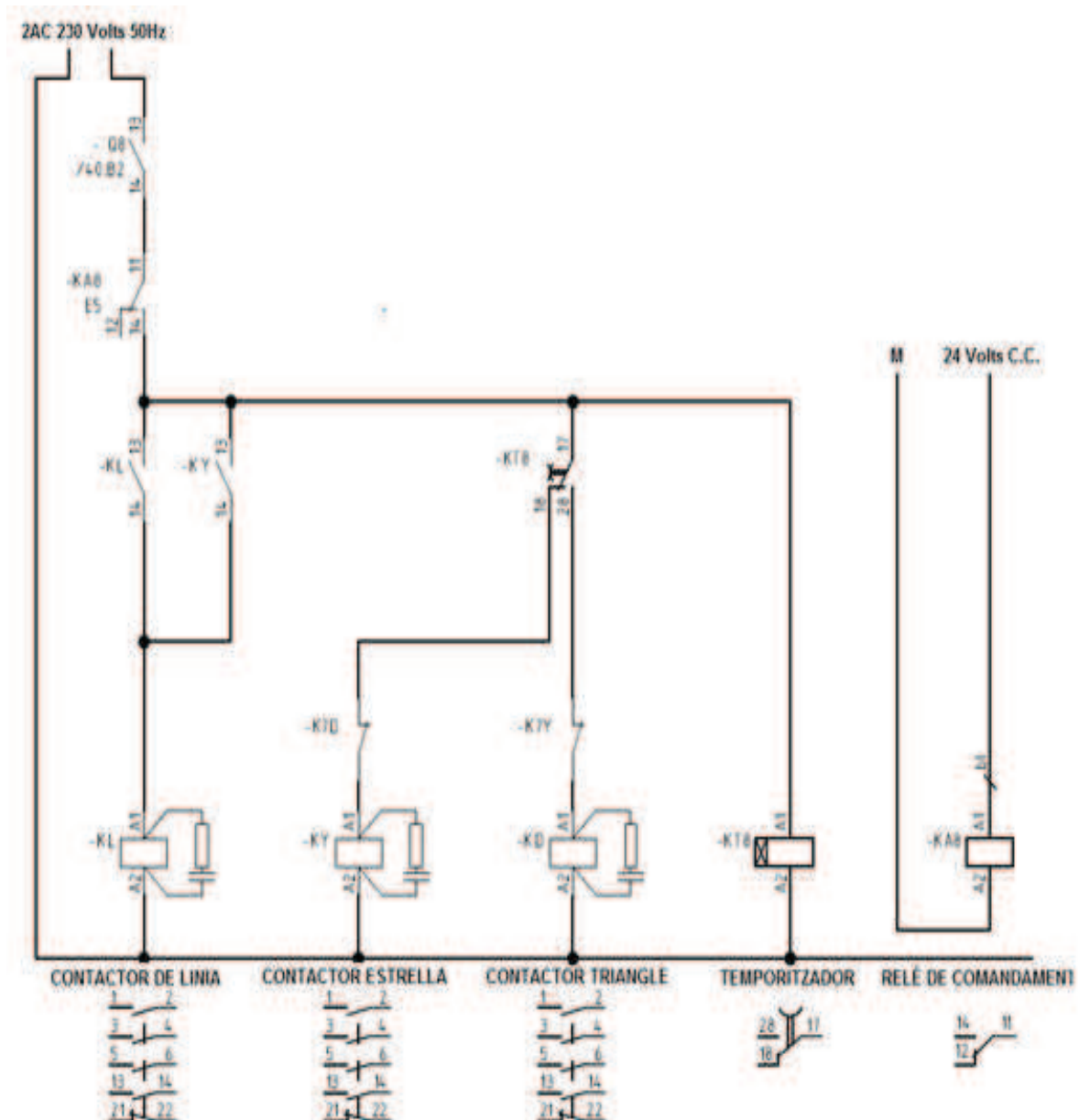


Figura 21: Esquema de la lògica o maniobra per l'arrencada estrella triangle.

#### 4.2.3 Lògica de funcionament de d'inversió de gir.

En el cas de la llança en la última etapa, que realitza el polit intern. Ha d'entrar i sortir del tub, per tant, hi ha necessitat de una maniobra amb inversió de gir, aquest element ha d'entrar a dins del tub i tordat enrere. Així doncs necessitem que un motor faci anar endavant la llança, i la faci tornar enrere gràcies a una cremallera horitzontal de la llargada màxima que poden adquirir els tubs.

Per comandar aquesta senzilla maniobra, es requereix de sensors inductius que indiquen la posició de la llança, tot hi així també requereix una petita lògica de control pel correcte funcionament del motor. En la figura 22 podem veure un petit esquema on es mostra la part de maniobra d'aquest tipus de maniobra en el nostre cas.

Sempre que “-Q9” estigui tancat, i per tant, en posició de treball, es permetrà la execució de la maniobra. El PLC comanda amb una sortida en estat alt, es a dir 1 a “-KA9A” en cas de voler l'avenç de la llança, o a “-KA9B” en cas de voler enretirar la llança de l'interior del tub. Mai trobarem els dos relés de comandament en estat alt, però per precaució en aquesta maniobra, on els borns de potència del motor s'inverteixen, i per tant es podria causar un dany seriós en el motor en cas de fallada. Per tant aprofitem el contacte auxiliar normalment tancat (NO) dels contactors de línia “-K9ED” i “-K9ER” que comanden el motor, per evitar aquesta eventualitat.

Així dons, quant es vulgui tirar la llança cap endavant, “-K9ED” fa girar el motor en sentit horari, sempre amb el permís del contacte normalment tancat de “-K9ER” que serà en posició de repòs. En el moment del retorn, es fa el canvi a través de l'ordre del PLC i “-K9ER” s'activa sempre que el “-K9ED2” estigui en estat de repòs, i fa girar el motor en sentit anti horari pel retorn de la llança.

El motor queda aturar un cop el PLC dona una sortida en estat baix, és a dir, zero, per tots dos relés de comandament. El motor també es parará en cas de que caigui “-Q9” per una sobrecàrrega, o desconexió manual, que no permetrà l'excitació dels contactors de potència. En cas d'una parada d'emergència, el PLC desactivarà els relés de comandament, i el motor perdrà la potència.

És possible que aquest conservi inèrcia, però aquesta desapareixerà ràpidament a causa del fort fregament de la llança amb l'interior del tub. Per aquesta causa el puntal de la llança pateix molt de desgast i ha de ser canviat en un cert període de temps, sinó el polit intern serà insuficient i el tub presentarà imperfeccions en el seu interior, ja sigui a causa del procés, o de un defecte de la matèria prima.

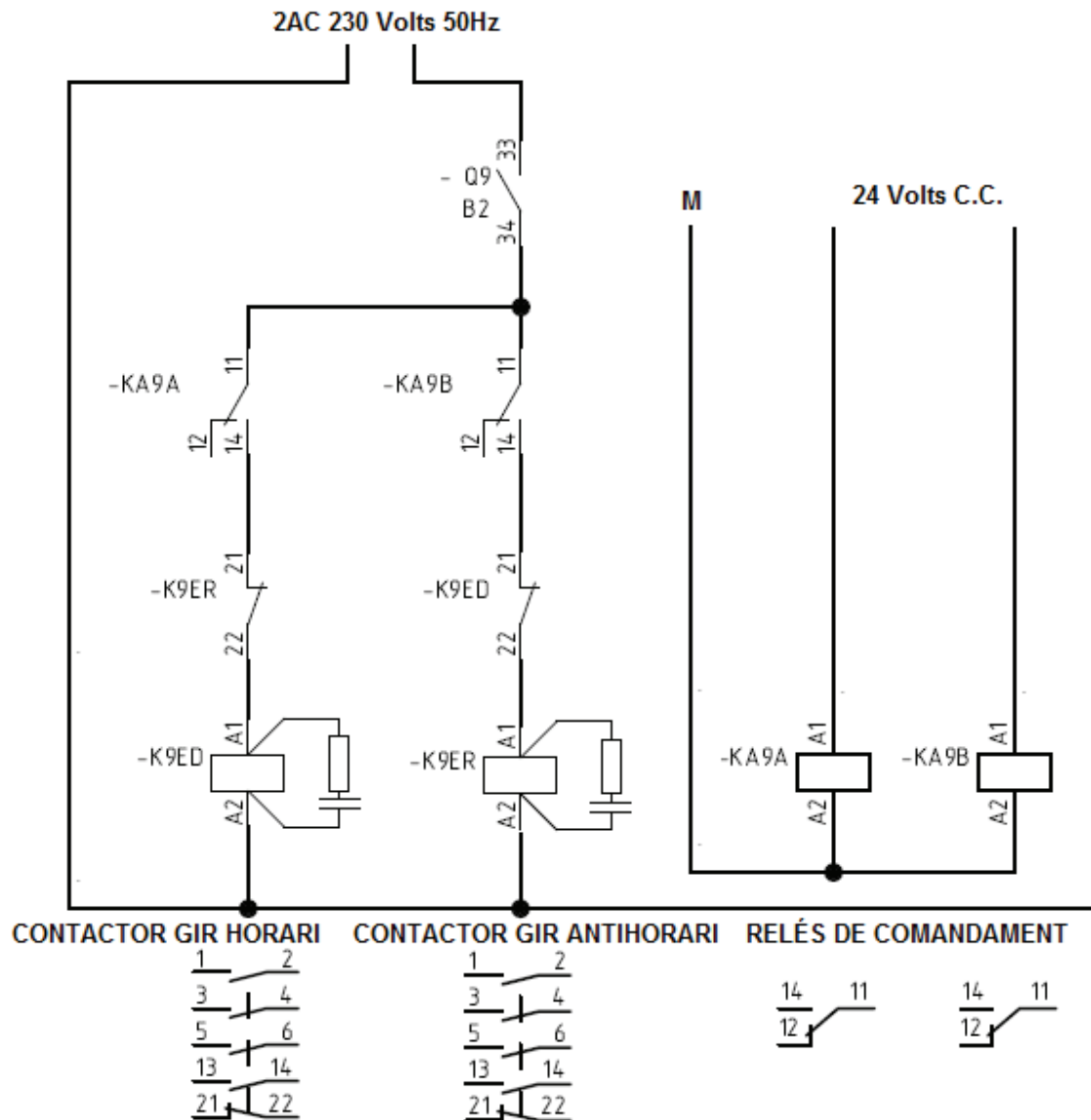


Figura 22: Esquema de la lògica o maniobra per d'inversió de gir.

#### 4.3 Programació

El programa inserit en el PLC per a aquesta aplicació es desenvolupa amb el software "TIA V11" de Siemens, que conté "Step 7" per la programació, i "WinCC" pel desenvolupament del sistema SCADA. Tots els elements muntats en aquesta automatització com PLC, convertidors de freqüència i panell HMI, responen a aquest software.

El programa a més queda molt ben estructurat gràcies a la programació per blocs de funcions que permet “Step 7”, i que permet detectar ràpidament una fallada o un error en el programa, i per tant la ràpida intervenció sobre el mateix.

#### 4.3.1 Portal TIA de Siemens:

El novedós portal “TIA V11” que les seves sigles indiquen “Total Integrated Automation” de Siemens és creat al 2008 per respondre a una necessitat d'englobar tots el processos per la programació i control d'automatitzacions. Aquest portal inclou les versions més noves de “Step 7” per la creació de programes, i de “WinCC” per la creació d'aplicacions SCADA.

Aquest nou portal resulta molt intuïtiu i permet treballar en varies finestres per crear varies aplicacions al mateix temps. Gràcies a utilitzar variables comunes, que són aquelles que intervenen en l'automatització. I el fet de que tot sigui englobat dins d'un mateix portal fa que no es produeixin errors de comunicació que es podrien donar en treballar amb plataformes diverses. Els avantatges que presenta respecte altres versions, són la gestió conjunta de dades en una sola unitat que conté tots el programes necessaris per programar per complet tot un procés de automatització.

Un altre dels avantatges és que permet una fàcil edició mitjançant les comandes “Drag & Drop”, també el fet de que sigui molt més senzill la carrega del programa als dispositius, en el nostre cas, la CPU del PLC disposa de una ranura per inserir una targeta de memòria que conté el programa directament descarregat desde el PC o PG.

Altres avantatges, són, que a més dels programes principals “Step7” i “WinCC”, el portal disposa d'aplicacions que permeten muntar xarxes de comunicació entre diferents elements que es troben en els catàlegs oficials de Siemens, i altres aplicacions que permeten per exemple muntar el rack de PLC i definir els mòduls d'aquest basant-se en el llistat d'entrades i sortides.

Tots els elements de Siemens que tenen cert pes en un programa per automatització, elements “Simatic”, ja estan basats en aquest portal, per exemple el PLC “S7-300” ja basen el seu funcionament i la seva comunicació amb aquest software, així com els convertidors de freqüència “Sinamics S120” que usem en aquest cas.

En definitiva, per a automatitzacions el portal “TIA V11” de Siemens resulta molt innovador, efectiu i permet englobar tots els procediments que es donen en una automatització com es mostra en la figura 23.

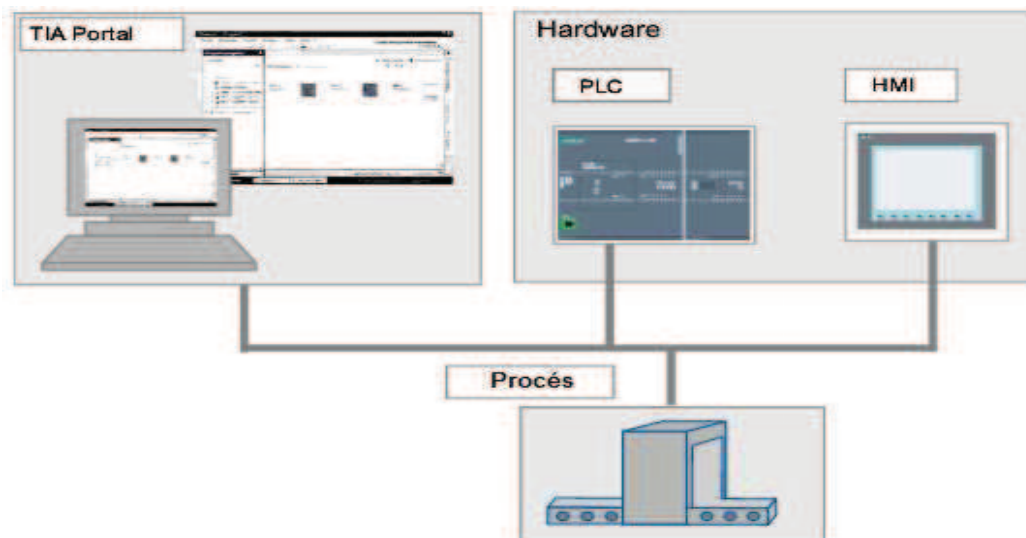


Figura 23: Englobament del portal TIA en la automatització.

#### 4.3.2 Diagrama GEMA

La guia, o diagrama GEMA ens mostra els estats en que l'autòmat pot estar, i com actua en aquest estats, així com les condicions per les iteracions entre un estat i l'altre. Cal assenyalar que la organització de la guia o diagrama Gema es divideix en estats principals que contenen altres estats com ara l'ajustament, o el muntatge o enretirada de la cinta. Anem a veure quines accions es troben en cada estat i quines son les iteracions de cadascun. Es pot veure el diagrama o guia GEMA en la figura 24.

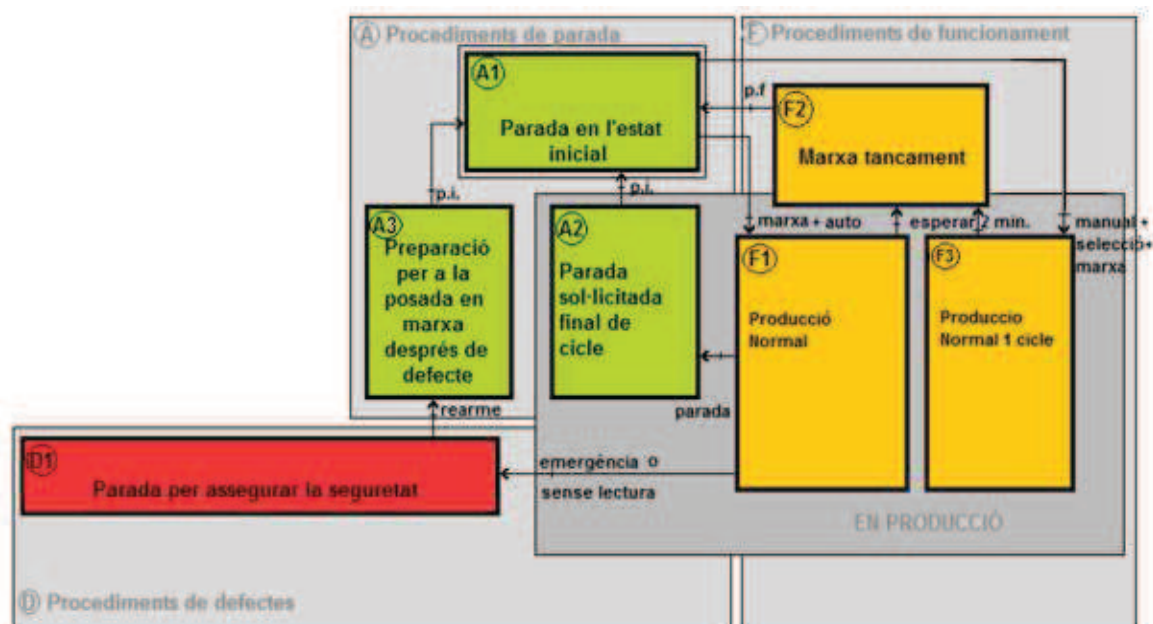


Figura 24: Guia o diagrama GEMA.

L'estat A1 és l'estat de parada en estat inicial, com el seu nom indica, en aquest estat, la màquina es troba en la seva posició inicial i no té la cinta muntada. Aquest estat només es dona si la màquina no detecta cinta en cap de les etapes i està completament aturada i en repòs, en aquest estat es pot triar amb quin tipus de fabricació es desitja.

L'estat A2 és l'estat de parada sol·licitada a final de cicle i aquest es dona quan es reclama una parada desde l'estat F2, un cop s'entra en aquest estat la màquina ja ha finalitzat el tub i demana de desmuntar la cinta per arribar a l'estat de posició inicial i arribar a l'estat A1.

L'estat A3 és l'estat de preparació per la posada en marxa després de verificar un defecte, haver solucionat aquest, i posteriorment, haver donat el rearme. En aquest estat la màquina demana desmuntar la cinta per arribar a l'estat de posició inicial i arribar a l'estat A1.

L'estat F1 es dona quant desde l'estat A1 es selecciona la fabricació automàtica, i es prem marxa desde el panell HMI. A partir d'aquest moment, el programa pregunta a l'usuari quin calibre de tubs vol fabricar, de quina llargada i quina quantitat de tubs es vol fabricar. Cal dir que la quantitat total de tubs a fabricar es limita per la mesura total de la cinta que és de 100 metres. Llavors el panell HMI, indica quina és l'amplada de la cinta indicada pel calibre del tub que es vol fabricar. Aquí és on la màquina s'ajusta pel tub que ha de fabricar i demana que es munti la cinta en el descordador. Un cop es detecta la cinta en el descordador, el programa demana confirmació per començar a enfilear la cinta en les diferents etapes fins a arribar a el làser. Un cop s'ha executat aquesta acció, el programa demana confirmació per començar a operar i fabricar els tubs.

Només es sortirà d'aquest estat en cas de que s'acabi la cinta en el descordador o es premi desde el panell HMI parar al completar el tub i es passi a l'estat A2, s'acabi el compteig total de tubs a fabricar i es passi a l'estat F2 o quant s'arribi a un estat de emergència, passant així a l'estat D1.

L'estat F2 és l'estat de marxa per tancament, en aquest estat si arriba després de que es fabriquí la totalitat de tubs desitjats en cas de F1 o que s'hagi fabricat un únic tub en cas de F4, en aquest estat, la màquina es para i el panell indicarà que s'ha de desmuntar la cinta de totes les etapes de la màquina. Es demanarà confirmació per aquest pas, i es realitzarà el desmuntatge de la cinta. Un cop la cinta estigui completament desmuntada de la màquina, aquesta torna a l'estat inicial A1.

L'estat F3 és l'estat de fabricació d'un sol cicle. Aquest estat es dona quant desde l'estat A1 es selecciona la fabricació manual, i es prem marxa desde el panell HMI. A



partir d'aquest moment el programa pregunta a l'usuari quin calibre de tubs vol fabricar i de quina llargada. Llavors el panell HMI indica quina es l'amplada de la cinta indicada per el calibre del tub que es vol fabricar, aquí és on la màquina s'ajusta pel tub que ha de fabricar i demana que es munti la cinta en el descordador. Un cop es detecta la cinta en el descordador, el programa demana confirmació per començar a enfil·lar la cinta en les diferents etapes fins a arribar a el làser. Un cop s'ha executat aquesta acció, el programa demana confirmació per començar a operar i fabricar els tubs.

Només es sortirà d'aquest estat en cas de que s'acabi la cinta en el descordador, i es passi a l'estat A2, s'acabi el tub a fabricar i es passi a l'estat F2 o quan s'arribi a un estat de emergència, passant així a l'estat D1.

L'estat D1 es produeix quant es verifica un defecte, com pot ser un caiguda d'alguna protecció de línia de potència, o es polsa un dels pulsadors d'emergència durant la fabricació i la màquina es para completament. En aquest punt el panell indica que s'ha produït una parada inesperada amb una pantalla amb colors llampants que indica que s'ha entrat en l'estat d'emergència.

Desde aquí es pot accedir a la pantalla de defectes que ens indica on s'ha verificat el defecte, i demana que el defecte sigui solucionat per intervenció de l'operari, un cop el defecte es soluciona, el panell HMI demana fer el rearme i si no es verifica cap més defecte, es passa a l'estat A3.

#### 4.3.3 Xarxa de comunicació:

En aquesta automatització existeix una xarxa de comunicació "Profibus" que lliga tots els elements que formen part d'aquest procés. Els elements que es comuniquen per "Profibus" són el PLC, tots els convertidors de freqüència, la unitat de control pel posicionament del capçal làser, l'estació làser i el panell HMI. Es pot apreciar la xarxa "Profibus" configurada per l'aplicació "Step 7" d'aquesta automatització en la figura 25.

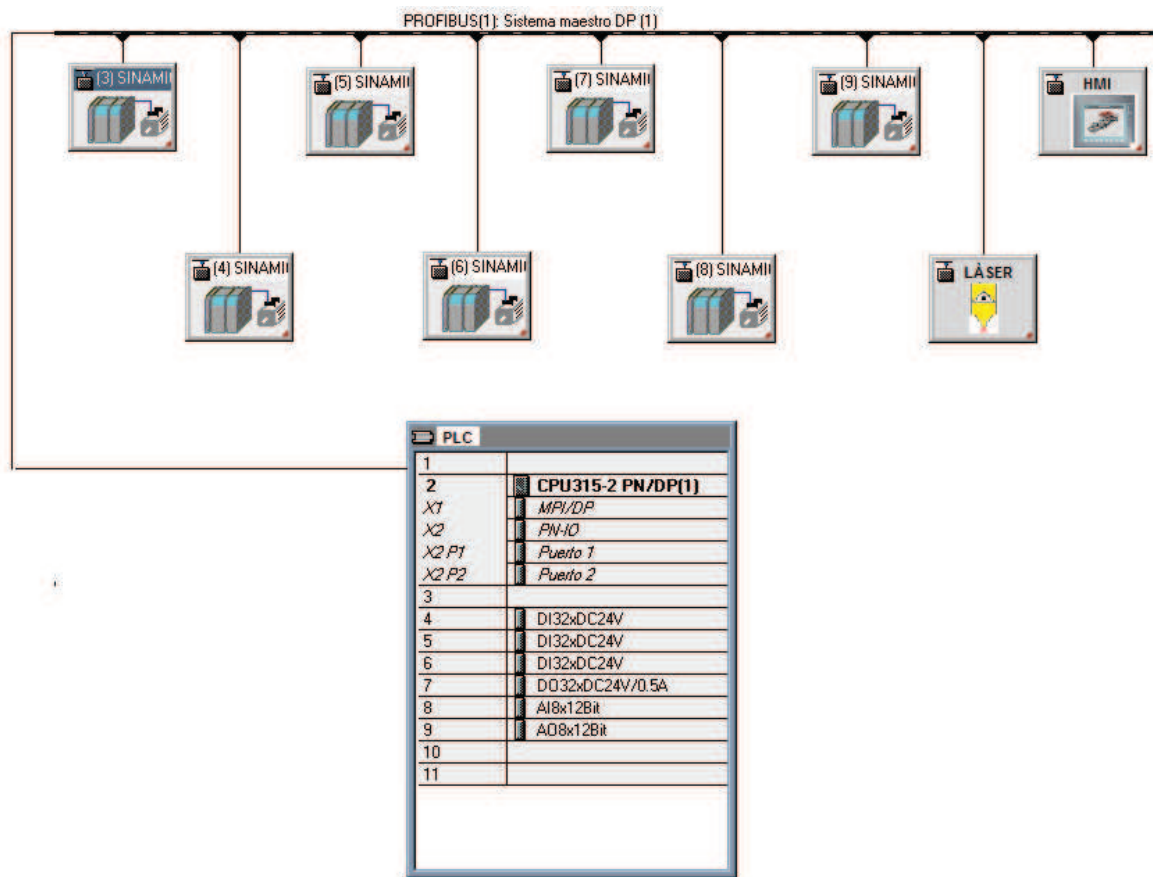


Figura 25: Xarxa "Profibus" de l'automatització.

La xarxa "Profibus" ens permet comunicar el PLC amb els convertidors de freqüència, l'estació làser i el panell HMI sense necessitat de mòduls pel PLC, i només a través de cable "Profibus". Cada element, té associades entrades i sortides que la connexió gestiona en el PLC.

Els convertidors de freqüència i l'estació làser, disposen de 4 bytes d'entrades i 4 bytes de sortida, que corresponen a totes les entrades i sortides que poden administrar aquest elements. Cal dir, que no tots els bits son usats, ja que es preveu aquesta quantitat en cas de disposar de tots els complements i accessoris i no fer curt. En el nostre cas cadascun dels convertidors de freqüència amb el mòdul de potència, el mòdul de control i el mòdul sensor, ocupen 3 bytes per entrades i 3 bytes per sortides i el quart queda com a reserva. S'han previst també 4 bytes d'entrades i 4 bytes de sortida per l'estació làser. El panell HMI comunica directament amb el PLC i ocuparà tots els bytes d'entrades i sortides que siguin necessaris per l'aplicació que ha de conduir, sense superar la quantitat màxima de bytes que pot assolir el PLC.

S'ha incorporat un mòdul "Ethernet" en el PLC en cas de desitjar una xarxa de comunicació d'aquest tipus per comunicar amb altres mòduls similars o amb un PC o PG remot.

#### 4.3.4 Llistat d'entrades i sortides:

De la taula 11 a la taula 14 es mostra el llistat d'entrades i sortides, tant digitals com analògiques, segons el mòdul i bit que estan associades, també una petita descripció de les mateixes i l'estat que representa per el PLC.

| BIT  | DESCRIPCIÓ                            | ESTAT PLC       |
|------|---------------------------------------|-----------------|
|      | <b>MÒDUL DI -AC3</b>                  |                 |
| E0.0 | Disparament interruptor general       | 0= Disparament  |
| E0.1 | Relé caiguda de tensió                | 0= Disparament  |
| E0.2 | Disparament multímetre                | 0= Disparament  |
| E0.3 | Disparament interruptor línia UPS     | 0= Disparament  |
| E0.4 | Disparament línia de serveis          | 0= Disparament  |
| E0.5 | Disparament línia auxiliar            | 0= Disparament  |
| E0.6 | Disparament línia alimentadors Sitop  | 0= Disparament  |
| E0.7 | Disparament línia il·luminació quadre | 0= Disparament  |
|      |                                       |                 |
| E1.0 | Disparament línia ventiladors quadre  | 0= Disparament  |
| E1.1 | Fi de cursa portes quadre             | 0= Obert        |
| E1.2 | Disparament mòduls de AI-AO           | 0= Disparament  |
| E1.3 | Disparament polidora                  | 0= Disparament  |
| E1.4 | Disparament serra                     | 0= Disparament  |
| E1.5 | Disparament llança                    | 0= Disparament  |
| E1.6 | B1=Cinta d'acer muntada               | 1=Cinta muntada |
| E1.7 | B2=Continuïtat cinta d'acer           | 1=Cinta present |
|      |                                       |                 |
| E2.0 | B3=Posició capçal 1 superior          | 1=Límit         |
| E2.1 | B4=Posició capçal 1 inferior          | 1=Límit         |
| E2.2 | B5=Posició capçal 2 superior          | 1=Límit         |
| E2.3 | B6=Posició capçal 2 inferior          | 1=Límit         |
| E2.4 | B7=Continuïtat cinta d'acer           | 1=Cinta present |
| E2.5 | B8=Posició capçal 3 superior          | 1=Límit         |
| E2.6 | B9=Posició capçal 3 inferior          | 1=Límit         |
| E2.7 | B10=Posició capçal 4 superior         | 1=Límit         |
|      |                                       |                 |
| E3.0 | B11=Posició capçal 4 inferior         | 1=Límit         |
| E3.1 | B12=Posició capçal 5 superior         | 1=Límit         |
| E3.2 | B13=Posició capçal 5 inferior         | 1=Límit         |
| E3.3 | B14=Posició capçal 6 superior         | 1=Límit         |
| E3.4 | B15=Posició capçal 6 inferior         | 1=Límit         |
| E3.5 | B16=Posició capçal 7 superior         | 1=Límit         |
| E3.6 | B17=Posició capçal 7 inferior         | 1=Límit         |
| E3.7 | B18=Posició capçal 8 superior         | 1=Límit         |

Taula 11: Llistat d'entrades PLC desde E0.0 fins a E3.7.

| BIT  | DESCRIPCIÓ                             | ESTAT PLC       |
|------|--|-----------------|
|      | <b>MÒDUL DI -AC4</b>                   |                 |
| E4.0 | B19=Posició capçal 8 inferior          | 1=Límit         |
| E4.1 | B20=Continuïtat cinta d'acer           | 1=Cinta present |
| E4.2 | B21=Posició capçal 9 superior          | 1=Límit         |
| E4.3 | B22=Posició capçal 9 inferior          | 1=Límit         |
| E4.4 | B23=Posició capçal 10 superior         | 1=Límit         |
| E4.5 | B24=Posició capçal 10 inferior         | 1=Límit         |
| E4.6 | B25=Posició capçal 11 superior         | 1=Límit         |
| E4.7 | B26=Posició capçal 11 inferior         | 1=Límit         |
|      |  |                 |
| E5.0 | B27=Posició capçal 12 superior         | 1=Límit         |
| E5.1 | B28=Posició capçal 12 inferior         | 1=Límit         |
| E5.2 | B29=Posició capçal 13 superior         | 1=Límit         |
| E5.3 | B30=Posició capçal 13 inferior         | 1=Límit         |
| E5.4 | B31=Posició capçal 14 superior         | 1=Límit         |
| E5.5 | B32=Posició capçal 14 inferior         | 1=Límit         |
| E5.6 | B33=Continuïtat cinta d'acer           | 1=Cinta present |
| E5.7 | B34=Posició laser superior             | 1=Límit         |
|      |  |                 |
| E6.0 | B35=Posició laser inferior             | 1=Límit         |
| E6.1 | B36=Soldadura ok                       | 1=Ok            |
| E6.2 | B37=Nivell màxim refrigerant laser     | 1=Límit         |
| E6.3 | B38=Nivell mínim refrigerant laser     | 1=Límit         |
| E6.4 | B39=Continuïtat cinta d'acer           | 1=Cinta present |
| E6.5 | B40=Posició polidora superior          | 1=Límit         |
| E6.6 | B41=Posició polidora inferior          | 1=Límit         |
| E6.7 | B42=Tub d'acer al punt de tall         | 1=Tub present   |
|      |  |                 |
| E7.0 | B43=Posició serra superior             | 1=Límit         |
| E7.1 | B44=Posició serra inferior             | 1=Límit         |
| E7.2 | B45=Nivell màxim refrigerant serra     | 1=Límit         |
| E7.3 | B46=Nivell mínim refrigerant serra     | 1=Límit         |
| E7.4 | B47=Posicionament tub polit extrem A   | 1=Posicionat    |
| E7.5 | B48=Pinça tub polit extrem A tancada   | 1=Tancada       |
| E7.6 | B49=Pinça tub polit extrem A oberta    | 1=Oberta        |
| E7.7 | B50=Posicionament polit tub extrem B   | 1=Posicionat    |
|      | <b>MÒDUL DI -AC5</b>                   |                 |
| E8.0 | B51=Pinça tub polit extrem B tancada   | 1=Tancada       |
| E8.1 | B52=Pinça tub polit extrem B oberta    | 1=Oberta        |
| E8.2 | B53=Llança posició endarrerida         | 1=Límit         |
| E8.3 | B54=Llança posició avançada            | 1=Límit         |
| E8.4 | B55=Posicionament tub bufador extrem A | 1=Posicionat    |
| E8.5 | B56=Pinça tub bufador extrem A tancada | 1=Tancada       |
| E8.6 | B57=Pinça tub bufador extrem A oberta  | 1=Oberta        |
| E8.7 | B58=Posicionament tub bufador extrem B | 1=Posicionat    |

Taula 12: Llistat d'entrades PLC desde E4.0 fins a E8.7.

| BIT                  | DESCRIPCIÓ                             | ESTAT PLC        |
|----------------------|--|------------------|
| <b>MÒDUL DI -AC5</b> |  |                  |
| E9.0                 | B59=Pinça tub bufador extrem B tancada | 1=Tancada        |
| E9.1                 | B60=Pinça tub bufador extrem B oberta  | 1=Oberta         |
| E9.2                 | B61=Posició boca bufador enrederida    | 1=Límit          |
| E9.3                 | B62=Posició boca bufador avançada      | 1=Límit          |
| E9.4                 | Reserva                                |                  |
| E9.5                 | Reserva                                |                  |
| E9.6                 | Reserva                                |                  |
| E9.7                 | Reserva                                |                  |
| E10.0                | Disparament interruptor general (2)    | 0= Disparament   |
| E10.1                | Reserva                                |                  |
| E10.2                | Reserva                                |                  |
| E10.3                | Reserva                                |                  |
| E10.4                | Reserva                                |                  |
| E10.5                | Reserva                                |                  |
| E10.6                | Reserva                                |                  |
| E10.7                | Reserva                                |                  |
| E11.0                | Reserva                                |                  |
| E11.1                | Reserva                                |                  |
| E11.2                | Reserva                                |                  |
| E11.3                | Reserva                                |                  |
| E11.4                | Reserva                                |                  |
| E11.5                | Reserva                                |                  |
| E11.6                | Reserva                                |                  |
| E11.7                | Reserva                                |                  |
| <b>MÒDUL DO -AC6</b> |  |                  |
| A0.0                 | Parada emergència descordador          | 1=Emergència     |
| A0.1                 | Parada emergència laminador            | 1=Emergència     |
| A0.2                 | Parada emergència calibrador 1         | 1=Emergència     |
| A0.3                 | Parada emergència calibrador 2         | 1=Emergència     |
| A0.4                 | Parada emergència posicionament laser  | 1=Emergència     |
| A0.5                 | Comandament polidora                   | 1=Marxa          |
| A0.6                 | Comandament serra                      | 1=Marxa          |
| A0.7                 | Reserva                                |                  |
| A1.0                 | Comandament llança endavant            | 1=Marxa endavant |
| A1.1                 | Comandament llança enrere              | 1=Marxa enrere   |
| A1.2                 | Parada emergència pressió laminador    | 1=Emergència     |
| A1.3                 | Parada emergència pressió calibrador 1 | 1=Emergència     |
| A1.4                 | Parada emergència pressió calibrador 2 | 1=Emergència     |
| A1.5                 | Reserva                                |                  |
| A1.6                 | Reserva                                |                  |
| A1.7                 | Reserva                                |                  |

Taula 13: Llistat d'entrades i sortides PLC desde E9.0 fins a A1.7.

| BIT    | DESCRIPCIÓ                                     | ESTAT PLC |
|--------|--|-----------|
|        | <b>MÒDUL DO -AC6</b>                           |           |
| A2.0   | Reserva  |           |
| A2.1   | Reserva  |           |
| A2.2   | Reserva  |           |
| A2.3   | Reserva  |           |
| A2.4   | Reserva  |           |
| A2.5   | Reserva  |           |
| A2.6   | Reserva  |           |
| A2.7   | Reserva  |           |
|        |  |           |
| A3.0   | Reserva  |           |
| A3.1   | Reserva  |           |
| A3.2   | Reserva  |           |
| A3.3   | Reserva  |           |
| A3.4   | Reserva  |           |
| A3.5   | Reserva  |           |
| A3.6   | Reserva  |           |
| A3.7   | Reserva  |           |
|        | <b>MÒDUL AI -AC7</b>                           |           |
| PEW256 | PS1= Pressòstat aigua refredament làser        | 4-20mA    |
| PEW258 | PS2= Pressòstat gas argó làser                 | 4-20mA    |
| PEW260 | PS3= Pressòstat retorn aigua refredament làser | 4-20mA    |
| PEW262 | PS4= Pressòstat refrigerant serra              | 4-20mA    |
| PEW264 | PS5= Pressòstat oli capçals laminador          | 4-20mA    |
| PEW266 | PS6= Pressòstat oli capçals calibrador 1       | 4-20mA    |
| PEW268 | PS7= Pressòstat oli capçals calibrador 2       | 4-20mA    |
| PEW270 | Reserva  |           |
|        | <b>MÒDUL AO -AC8</b>                           |           |
| PAW256 | Reserva  |           |
| PAW258 | Reserva  |           |
| PAW260 | Reserva  |           |
| PAW262 | Reserva  |           |
| PAW264 | Reserva  |           |
| PAW266 | Reserva  |           |
| PAW268 | Reserva  |           |
| PAW270 | Reserva  |           |

Taula 14: Llistat d'entrades i sortides PLC desde A2.0 fins a PAW270.

#### 4.3.5 Blocs de funcions:

La programació amb “Step7” està lligada a blocs de funcions, aquest blocs contenen tota la programació necessària per l'aplicació del PLC. Existeixen varis tipus de blocs com blocs d'operació, blocs de funció dependents i independents, blocs de variables i blocs de registre entre els més importats.

Els elements de Siemens que es controlen per programació, tenen incorporats alguns blocs de funció per assegurar la seguretat, en el nostre cas aquets tipus de blocs de funció per la seguretat s'obtenen de la CPU triada per el PLC. Aquests blocs s'incorporen en el programa per generalitzar-los per a tota l'automatització i es creen automàticament en el programa quan es tria la CPU.

Els blocs d'operació o funció que contenen el codi programat es poden dividir en varis blocs que responen cíclicament en el bloc principal de operació OB1, cada bloc interactua en aquest bloc principal com a interrupció del programa per realitzar la seva pròpia rutina. Vegem doncs el motiu i la naturalesa de la rutina de cada bloc d'operació o funció que s'ha creat en el programa. Es pot apreciar els blocs d'operació que conté el programa de l'automatització en la figura 26.



Figura 26: Blocs del programa de l'automatització.

El bloc OB1 és el bloc principal d'operació que es repeteix de forma cíclica i que conté crides als demés blocs funcionals del programa per les diferents rutines que s'han de executar, en cas que sigui necessari. El bloc DB1 està lligat directament amb el bloc d'operació OB1 com a espai per guardar les variables necessàries per l'execució del bloc principal.

El bloc FB2 conté la rutina per enfilat cinta, i entra en funcionament quan la màquina demana que s'ha de enfilat la cinta després de fer l'ajustament i abans de començar la fabricació sempre que l'operari hagi confirmat l'acció de començar a enfilat la cinta i que a més, hi hagi cinta disponible en el descordador. El bloc DB2 actua com a espai per guardar les variables per aquest bloc de funció.



El bloc FB3 conté la rutina per desmuntar cinta, i entra en funcionament quan la màquina demana que s'ha de desmuntar la cinta després de acabar la fabricació o després de una parada a final del cicle o d'emergència, i abans de tornar a l'estat inicial. El bloc DB3 actua com a espai per guardar les variables per aquest bloc de funció.

Tots els blocs, siguin de funció o d'operació han estat programats amb llenguatge de contactes, o com "Step7" anomena, amb llenguatge KOP.

Com s'ha indicat anteriorment, la CPU del PLC ja incorpora alguns blocs definits per la seguretat, la CPU315-2DP/PN conte els blocs OB següents:

OB1: cicle lliure que conté tot el programa d'operació amb subrutines.

OB10: alarma del rellotge intern

OB20: alarma de retard

OB35: alarma de temps

OB40: alarma de procés

OB80:error asíncron

OB100: bit de 1er escanejat

OB121,122: error síncron

#### 4.4 Aplicació SCADA:

L'aplicació SCADA permet fer el seguiment de la fabricació, la inserció i lectura de dades pel control del funcionament a través de un PC, un PG o un panell HMI com és el nostre cas.

L'aplicació SCADA utilitza imatges i blocs gràfics que actuen com a botons, interruptors, entre altres, o indicadors i testimonis com ara leds, animacions, barres d'estat, entre altres. Que purament serveixen com a lectura de dades o indicadors del procés. Cada element està lligat a una entrada o sortida que està controlada pel programa i que es lligada pel PLC per intervenir sobre el procés. Així s'aconsegueix una comunicació home-màquina molt útil i senzilla.

L'aplicació SCADA és programada amb al software "WinCC" que es troba dins del portal "TIA V11" i aquesta, està directament lligada amb el programa creat amb "Step7". "WinCC" ens permet dissenyar les imatges que apareixeran en el panell HMI. Vegem

dons cadascuna de les imatges que ens poden aparèixer en el panell HMI en aquesta aplicació.

#### 4.4.1 Panell HMI:

El panell HMI triat per mostrar l'aplicació SCADA és un panell tàctil amb referència comercial "KTP1000 Basic 10 colour DP". Aquest panell disposa d'una connexió DP "Profibus" per la comunicació del mateix, amb el PLC que usarem en aquest cas. També disposa de connexions RJ45 per acoblar un mòdul "Ethernet" per a panells HMI per disposar d'aquest tipus de connexió. El panell disposa d'un display de 10.4 polzades del tipus TFT.

El panell anirà muntat dins d'una cobertura alçada per un peu de la firma Rittal, així el panell quedarà a una alçada de 1,20 metres respecte al terra i serà de fàcil accés per a l'operari. El peu es pot fixar al terra per 6 cargols M12.

Es pot apreciar l'aspecte del panell HMI en la figura 27.

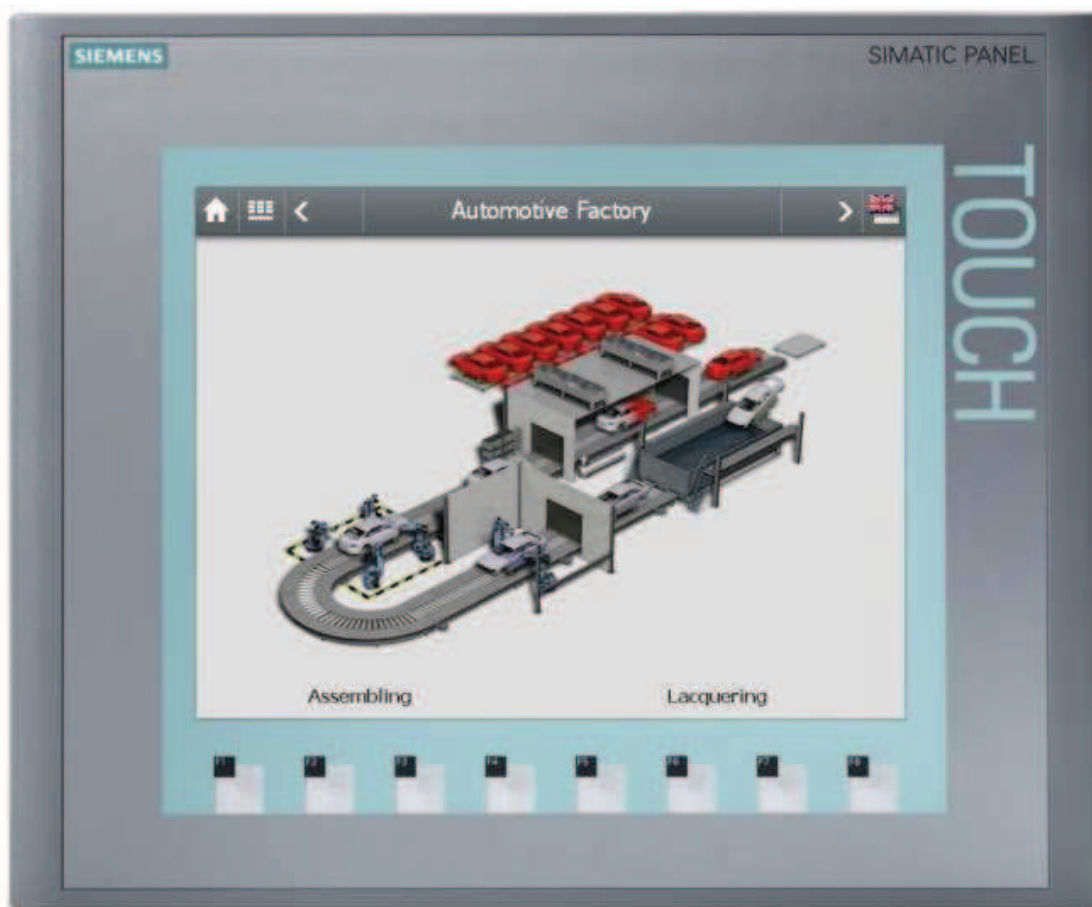


Figura 27: Panell HMI "KTP1000 Basic" utilitzat.

#### 4.4.2 Imatges de l'aplicació SCADA:

En el moment de iniciar l'automatització i donar tensió a aquesta, a través de la maneta del quadre elèctric, es mostrarà la imatge de estat inicial en el panell HMI. En aquesta imatge trobem un botó d'encès o apagat de la maquinària (ON/OFF), i dos testimonis led que indiquen l'estat d'aquest element, encès (verd) i apagat (vermell). Després de pulsar encès (ON), els testimonis led grocs que corresponen a el mode automàtic i al mode manual, emeten llum intermitent per indicar que es polsi per entrar en algun d'aquests dos modes de funcionament.

Pel mode automàtic, s'entra en l'estat F2 i pel mode manual s'entra en l'estat F3 de la guia o diagrama gema. A partir d'aquí s'obre la imatge següent per a cadascun dels dos modes de funcionament o estats de funcionament. En la figura 28 es pot apreciar la imatge per l'estat inicial.

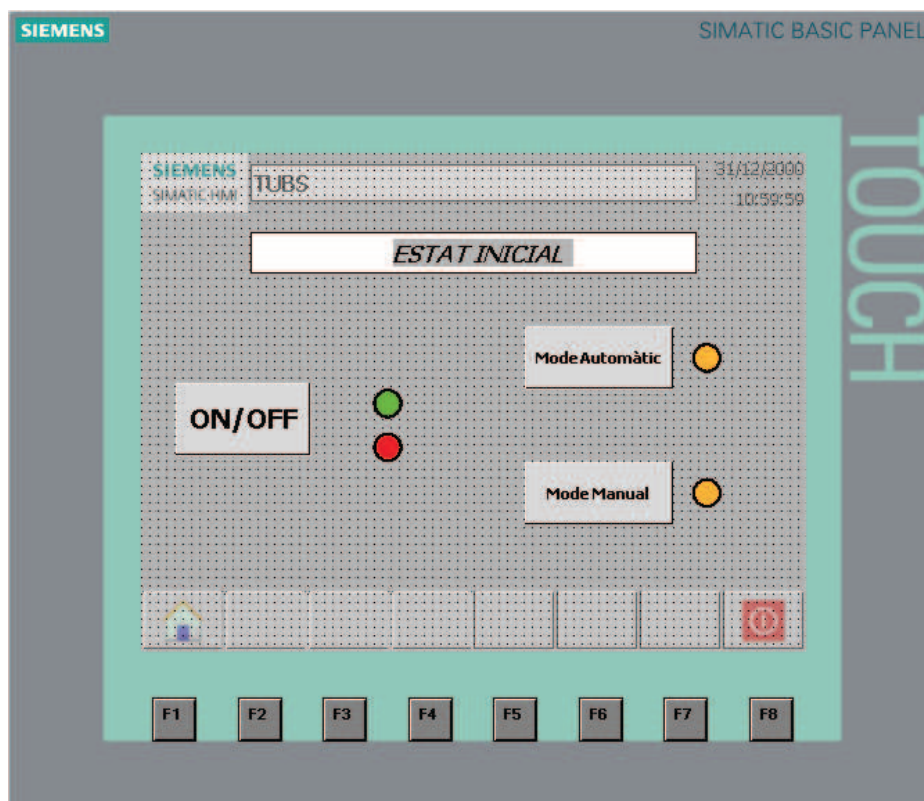


Figura 28: Imatge per l'estat inicial.

Si es selecciona el mode automàtic s'accedeix a l'ajustament pel mode automàtic, i si en canvi , es selecciona el mode manual s'accedeix a l'ajustament pel mode manual.

Ambdós ajustaments tenen associades dos imatges diverses que ens mostren botons i indicadors per inserir els paràmetres necessaris per la fabricació de tubs. Les dues imatges són molt similars, per a tots dos modes de funcionament, es demana quin calibre, llargada es vol pel tub; però, mentre que pel mode automàtic es demana la quantitat de tubs a fabricar, pel mode manual aquest últim paràmetre no es demana.

Es demana una confirmació pels diferents valors que poden prendre els paràmetres necessaris per a cadascun dels modes de funcionament, un cop s'ha acabat de inserir i confirmar els valors dels diferents paràmetres i es confirmen, una barra d'estat ens indica quan la màquina ha finalitzat l'ajustatge i es mostra amb intermitència el missatge d'ajustatge llest.

En la figura 29 es mostren les imatges per l'ajustatge, a l'esquerra per l'ajustatge automàtic i a la dreta per l'ajustatge manual.

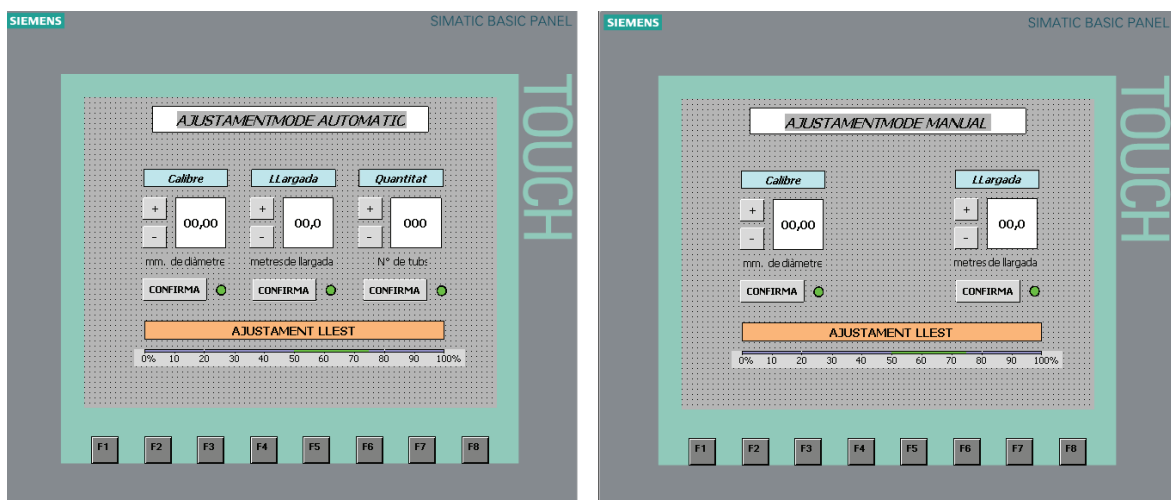


Figura 29: D'esquerra a dreta, imatge per ajustatge automàtic i ajustatge per el mode manual.

Un cop s'ha finalitzat l'ajustatge, sigui pel mode de funcionament automàtic o manual, es mostra la imatge que indica quin tipus de cinta és l'adequat per a la fabricació del tub del calibre desitjat. Si la cinta és present en el descordador, i si aquest últim estat es verifica, es passa a la imatge següent. Es pot apreciar l'aspecte de la imatge en qüestió en la figura 30.

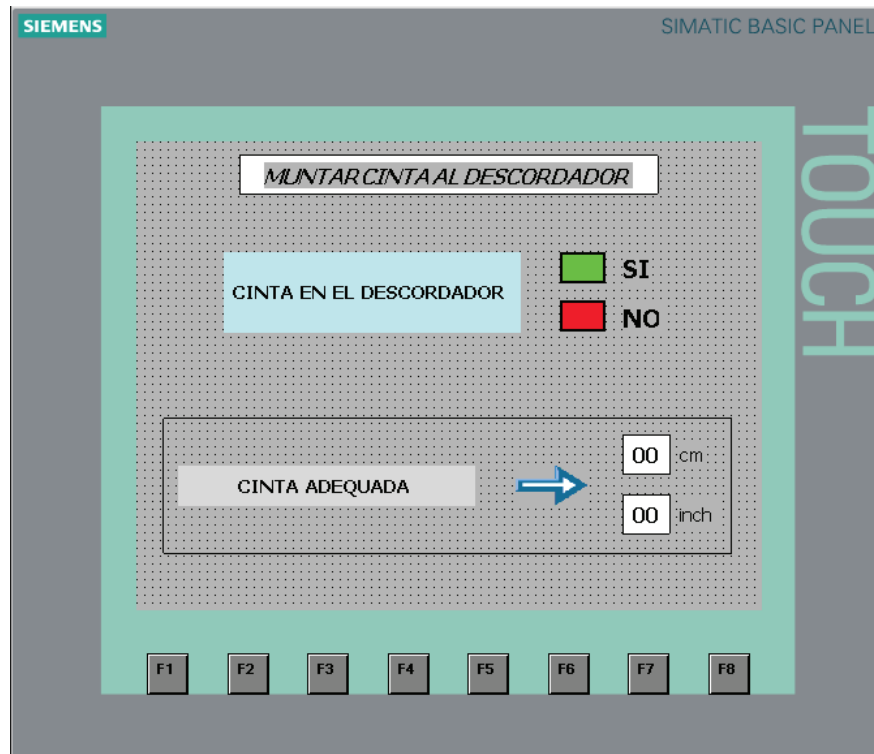


Figura 30: Imatge de indicació de muntat de cinta en el descordador.

Un cop s'ha verificat que la cinta està muntada en el descordador, apareix la imatge que indica que s'ha de procedir a enfilat la cinta. Un cop apareix aquesta imatge s'ha de pulsar el botó de marxa per iniciar la rutina d'enfilat de cinta i en la que els motors giren a velocitat molt lenta per enfilat la cinta amb l'ajuda de l'operador. Cada cop que la cinta passi pels detectors de cada etapa de la màquina, un led verd s'il·lumina, i en canvi si el detector encara no ha detectat la cinta, el led vermell està il·luminat. A més hi ha una barra d'estat a la dreta de la imatge que indica fins a quin punt s'ha realitzat l'enfilat de la cinta.

Un cop s'ha completat l'operació d'enfilat de la cinta, i aquesta ha arribat fins al làser, s'il·lumina un gran requadre verd que indica que la màquina està llesta per a la fabricació. En aquest punt, només s'ha de pulsar per segon cop el pulsador de marxa per iniciar la fabricació, i passar a la següent imatge.

També s'arriba a aquesta imatge quant es vol desmuntar la cinta, en aquest cas al costat esquerra del SI o NO per a cada etapa canvia de color, és a dir, verd pel NO i vermell pel SI.

En la figura 31 es pot apreciar l'aspecte d'aquesta imatge.

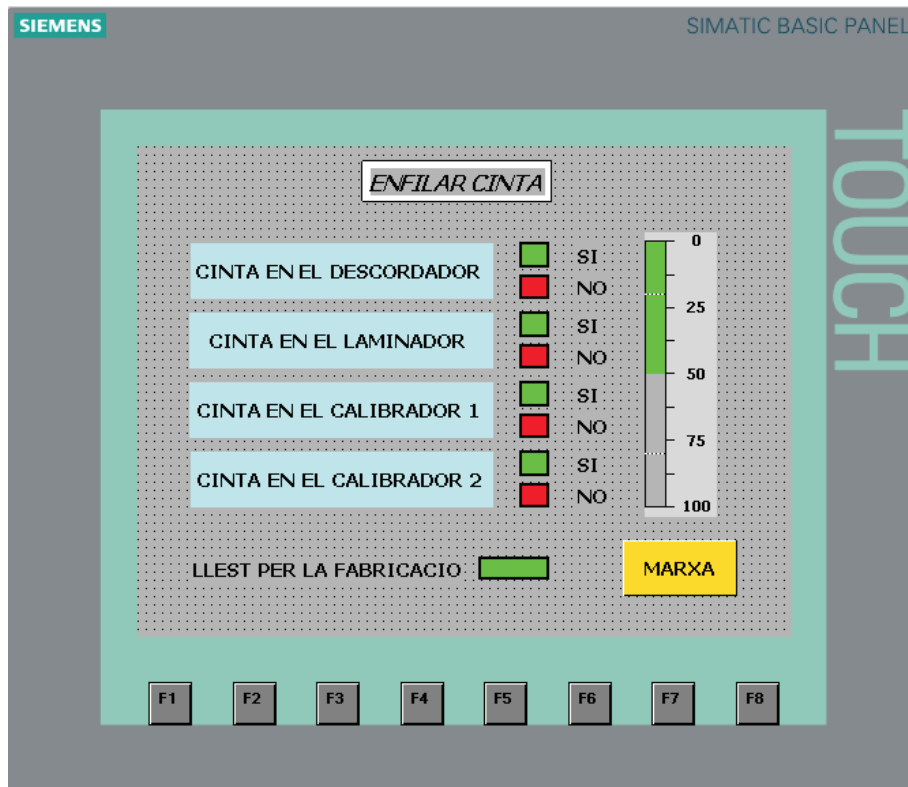


Figura 31: Imatge de seguiment de l'enfila't de la cinta.

Quan la màquina és en l'estat de fabricació un cop s'ha polsat marxa i després d'haver enfilat la cinta fins al capçal làser, tant en el mode automàtic com en el mode manual, es mostra la imatge de control del procés en el panell HMI.

En aquesta imatge es mostra un diagrama dividit en dos parts, amb cadascuna de les etapes de la màquina amb els motors associats i els elements com els convertidors de freqüència, PLC i panell HMI. Prop de cada element hi ha un led que indica el funcionament de l'element, si -es verd, l'element està funcionant, si l'element està fora de funció, el led es mostra en vermell.

En el centre del diagrama hi ha la indicació de números de tubs fabricats i els tubs que queden per fabricar. També hi ha un botó per polsar en cas de voler una parada sol·licitada a final de cicle, i un indicador vermell d'emergència que s'il·lumina en cas de que es verifiqui un defecte que provoca una parada d'emergència. En la imatge 32 es mostra l'aspecte d'aquesta imatge de control de procés.

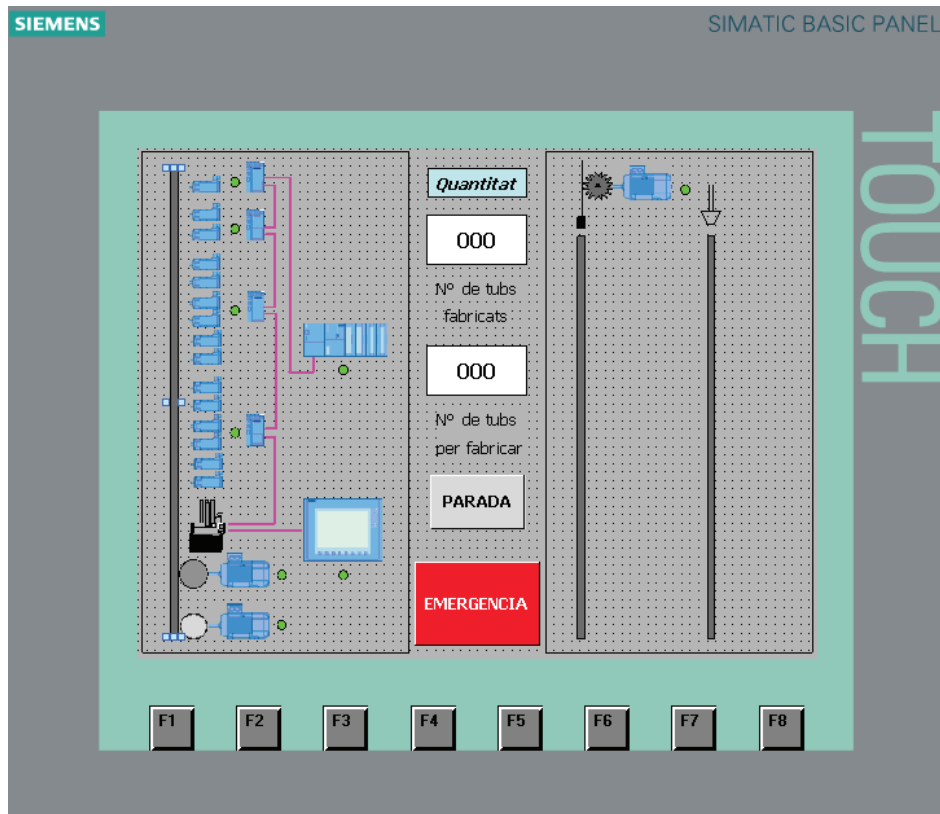


Figura 32: Imatge de control del procés.

Un cop s'han fabricat tots els tubs, la màquina entra en l'estat de marxa tancament i es mostra la imatge de desmuntar la cinta de la màquina, un cop completat el procés apareix la imatge que suggereix a l'operari treure la cinta d'acer. L'operari ha de desmuntar el rotlle de cinta del descordador, un cop s'ha realitzat aquesta acció es passa a la imatge de estat inicial. En aquesta imatge de treure cinta es veuen dos missatges que suggereixen a l'usuari que la màquina s'ha d'apagar si no es vol realitzar una altra operació, i si a més, és per un temps prolongat, es desconnecti l'interruptor principal desde la maneta del quadre elèctric. Es pot apreciar la imatge de treure la cinta en la figura 33.



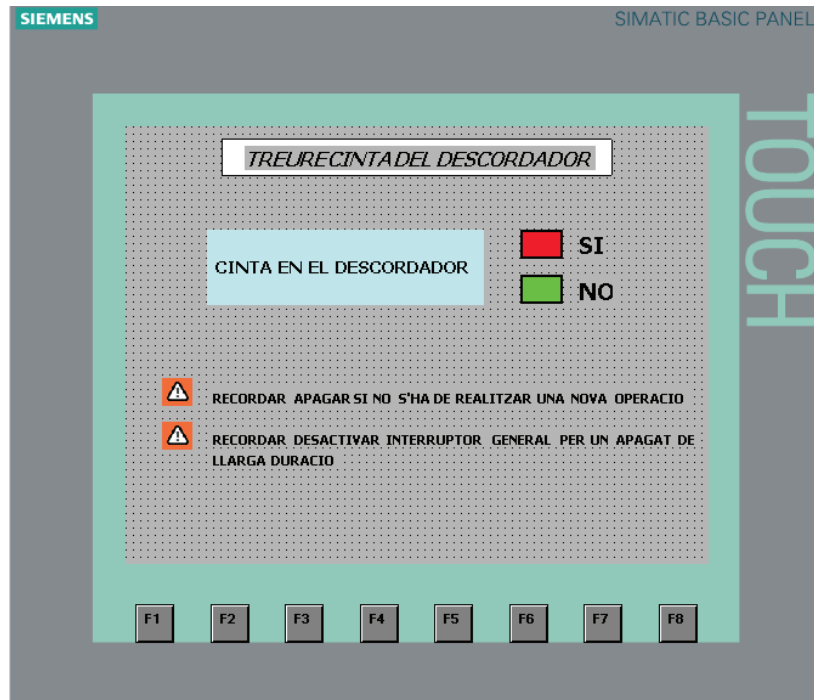


Figura 33: Treure cinta del descordador.

Hi han imatges que apareixen intermitents sobre la imatge de control de procés en cas de que es verifiqui un defecte que provoca una parada d'emergència, o bé, que es verifiqui una situació en que es pugui provocar un defecte, és a dir, que es verifiqui un avis. Els avisos, son senyals que se li donen a l'operari per ajustar la màquina perquè no entri, més tard, en un estat de defecte. Per exemple, hi ha avisos que es refereixen a la manca de pressió en els circuits hidràulics, o bé, que hi ha baixa pressió de gas argó o de líquid refrigerant, en aquestes situacions la màquina encara es capaç de funcionar correctament per un cert temps, però si la situació persisteix la màquina entrarà en defecte. Per exemple, si hi ha poca pressió de gas argó, hi ha risc, que aquest s'acabi, i que la soldadura no es pugui realitzar adequadament, per tant es llança un avis a l'operari perquè es prepari a solucionar el que més tard es pot convertir en un estat de defecte, i provocar, per tant, un parada del procés. Hi ha un botó per accedir al llistat de defectes en tots dos casos. En aquest cas, apareixen les imatges que es poden apreciar en la figura 34.

Quant apareix la imatge d'avís, s'avis de que l'avís és un pas previ a l'estat d'emergència, la màquina no es para, però en la imatge suggereix que s'ha de solucionar abans d'un determinat temps, ja que si es supera, la màquina fa una parada a final de cicle per evitar l'estat de defecte.

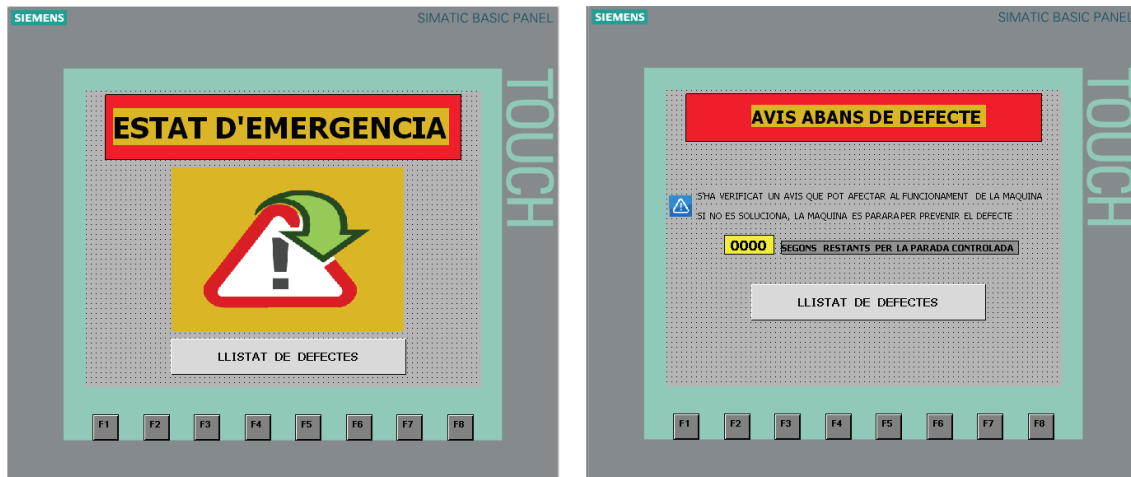


Figura 34: Imatges intermitent de estat d'emergència (esquerra) o avis (dreta).

Si es toca la pantalla quan aquestes imatges d'avis i defecte són intermitents sobre la imatge de control de procés, s'accedeix a la imatge de llistat de defectes i avisos, en aquesta imatge es veuen llistats tots els defectes o avisos possibles. El que es verifica, queda remarcat pel led esquerra vermell en cas d'emergència o groc en cas d'avis. Hi ha un botó encara més a l'esquerra per indicar que el defecte o avis ha estat solucionat i provocar el rearme per entrar en l'estat de preparació després de defecte en cas de defecte, o tornar a la fabricació en cas d'avis. En la figura 35 es poden apreciar les imatges de llistat de defectes i avisos.

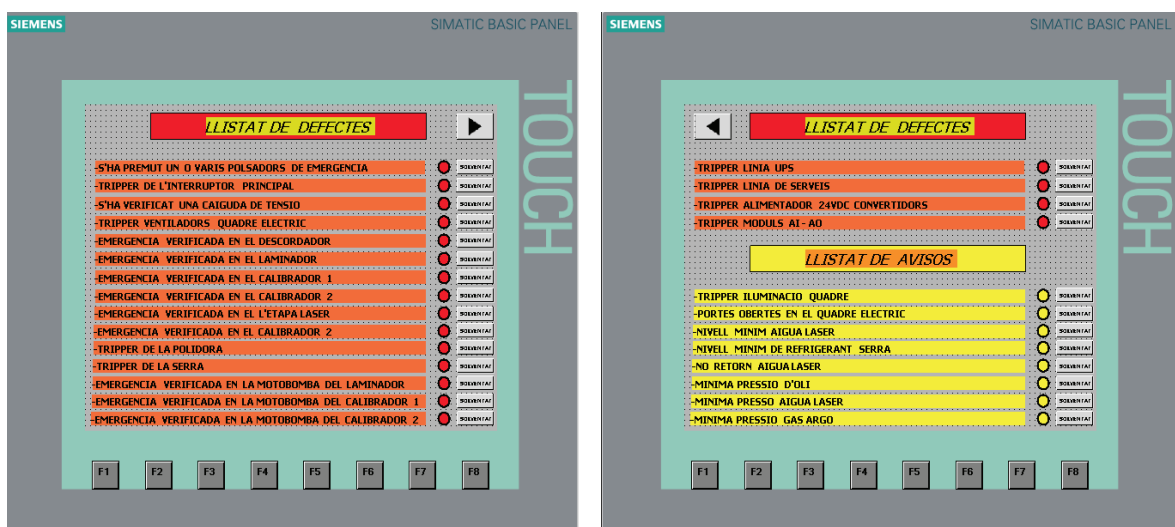


Figura 35: Imatges de llistat de defectes i avisos.

## **5 RESUM DEL PRESSUPOST**

El cost total del projecte és de vuit mil set-cents cinquanta euros sense IVA.

## 6 CONCLUSIONS

El present projecte és el resum de les pautes del disseny i realització d'una automatització per una màquina de fabricació de tubs en continu. Desde el quadre elèctric, que conté tots els elements de protecció, precisament i control del procés a els elements actuadors presents a peu de màquina i al seu control a través d'un PLC i un panell HMI a través d'un programa i aplicació SCADA desenvolupat amb el software més innovador de Siemens, el "TIA V11".

La realització d'aquest projecte s'ha fet de la manera més acurada possible per cercar la manera més senzilla, factible, fiable i econòmica per realitzar una automatització amb els actuadors i el control necessaris per a comandar una màquina de fabricació de tubs en continu de gran flexibilitat i que fabrica un producte de gran qualitat i molt innovador per ser competitiu en la indústria actual.

S'han triat components d'alta qualitat, per assegurar un bon funcionament i una alta durabilitat de la instal·lació, a més de cercar un consum poc elevat pel propòsit que ha estat concebut aquest projecte.

Xavier Aguilar Ponsa

Enginyeria Tècnica Industrial en Electrònica Industrial

Malgrat de mar, 27 de desembre de 2013

## **7 RELACIÓ DE DOCUMENTS**

El present projecte consta dels documents de memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

## **8 BIBLIOGRAFIA**

FABRIZIO CATTANEO. Il tondo dei tubi, progettazione e applicazioni. Perugi libri S.R.L. Milano. 1994.

ALBERTO MAGGI. Applicazioni e usi dei convertitori SINAMICS. Antoneli pubblicazioni. Seregno 2008.

MARCO RUSCONI. Programmazione con TIA11. Tecniche edicola. Pavia 2012.

PIETRO MATTAVELLI. Costruzione WinCC. Tecniche edicola. Merate. 2012.

## 9 GLOSARI

AOP: Panell d'operació avançat, en anglès, "Advanced Operator Panel".

BOP: Panell d'operació bàsic, en anglès, "Basic Operator Panel".

CPU: Unitat central de processament, en anglès, "Central Processing Unit".

DP: Tipus de protocol PROFIBUS de perifèrics descentrats, en anglès, "Decentralized Peripherals".

EP: Protecció d'emergència, en anglès, "Emergency Protection".

HMI: Interfície home-màquina, en anglès, "Human-Machine Interface".

IP: Grau de protecció d'ingrés, en anglès "Ingress Protection Rating".

PLC: Controlador lògic programable, en anglès, "Programmable Logic Controller".

PROFIBUS: Bus de camp, en anglès, "Process Field Bus".

PROFINET: Xarxa de camp, en anglès "Process Field Network".

SCADA: Control supervisor i adquisició de dades, en anglès "Supervisor Control And Data Acquisition".

SD o MMC: Targeta de memòria digital, en anglès, "Secure Digital" o "Multi Media Card".

UPS: Font d'alimentació sense interrupcions, en anglès, "Uninterruptible Power Supply".